

Eetu Hyttinen

ASUINKERROSTALON BETONIRUNKO- RAKENTEIDEN VAKIOINTI OSANA PE- RUSTAJAURAKOINTIPROJEKTIN TUOTTEISTAMISTA

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Helmikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Eetu Hyttinen: Asuinkerrostalon betonirunkorakenteiden vakiointi osana
perustajaurakointiprojektien tuotteistamista
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Helmikuu 2020

Työn tarkoituksena on tutkia T2H Rakennus Oy:n kerrostalotuotannon betonirunkorakenteita erityisesti tuotannon ja hankintatoimen näkökulmasta. Olemassa olevia ratkaisuja arvioidaan niin kustannusten, laadun kuin toteutettavuuden kannalta. Työssä keskitytään löytämään nykyisten runkorakenteiden ongelmakohtia sekä tunnistamaan jo käytettyjä hyväksi todettuja suunnitteluratkaisuja. Ongelmallisia suunnitteluratkaisuja koitetaan karsia nykyisestä suunnitteluprosessista ja hyväksi todettuja ratkaisuja jalkauttaa kohdeyrityksen kerrostalotuotantoon tämän työn tuloksena tehtävän ohjeistuksen avulla.

Tutkimus koostuu kirjallisuusselvityksestä sekä kohdeyrityksen tuotannon vakioinnin ja sen ongelmakohtien tunnistamisesta. Näiden pohjalta pyritään löytämään ratkaisuja kohdeyrityksen tuotannon kehittämiseksi. Kirjallisuusselvityksessä käsitellään perustajaurakointimallista rakennushanketta sekä vakiointia ja sen vaikutuksia yrityksen liiketoimintaan. Kohdeyrityksen nykytuotannon ongelmia selvitetään kvalitatiivisena tapaustutkimuksena, missä tutkimusaineisto kerätään kohdeyrityksen henkilöstölle suunnatulla kyselyllä sekä jo toteutettujen kohteiden dokumentaatioista.

Kvalitatiivisen tutkimuksen avulla pyritään löytämään kohdeyrityksen tuotannossa esiintyviä ylimääräistä työtä synnyttäviä ja vaikeaksi koettuja suunnitteluratkaisuja sekä laaditaan näille korvaavat suunnitteluratkaisu ehdotukset. Työn tuloksena luodaan kohdeyrityksen kohteissa esiintyvistä betonielementeistä mallielementtipiirustukset, kehitetään vaikeaksi koettuja detaljeja käytännöllisempään suuntaan sekä laaditaan suunnitteluohje kohdeyrityksen käyttämille rakenne-suunnittelijoille.

Avainsanat: vakiointi, jatkuva parantaminen, tuotteistaminen, betonielementit

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Eetu Hyttinen: Standardization of concrete frame structures in residential apartment building as a part of productization in housing development process

Master of Science Thesis

Tampere University

Master's Degree Programme in Civil Engineering

February 2020

The purpose of this study is to investigate the concrete frame structures of apartment building production in target company, especially from the perspective of production and procurement. Existing structures are evaluated in terms of cost, quality and feasibility. Research focuses on identifying problems with existing structures and solutions which have proven well design solutions. Problematic design solutions are attempted to be eliminated from the current design process and proven solutions are implemented in the design instruction which is created as an output of this research.

The study consists of a literature survey and the identification of the company's current production processes and its problems. On the basis of these current production processes and its problems, the main goal of the study is to found new solutions to improve production of the target company. The literature review examines processes of founder-contracted construction project and the effects of standardization in construction company's business. The problems of the current production of the target company are solved through a qualitative case study, where the research material is collected by means of a questionnaire addressed to the personnel of the target company and from the documentation of the already implemented target company's projects.

Qualitative research of this study aims to find design solutions that create extra workload to the production processes and are difficult to execute in the production of the target company, and to come up with proposals for better design solutions. As a result of study, precast concrete elements model drawings are created from the precast concrete element types which exist in target company's production, details that are found difficult are developed in more practical direction and a design guide is developed for target company's structural designers.

Keywords: Standardization, continuous improvement, productization, precast concrete elements

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Tampereen Yliopistolla ja työn aihe on tullut T2H Rakennus Oy:ltä. Työn tarkastajana yliopiston puolelta on professori Arto Saari ja työn ohjaajana on T2H Rakennus Oy:stä Jarmo Leinonen.

Kiitän työn toimeksiantajaa, T2H Rakennus Oy:tä heidän tarjoamastaan mahdollisuudesta tehdä tutkimusta käytännönläheisen ja mielenkiintoisen aiheen parissa. Erityiskiitokset työni ohjaajalle Jarmo Leinoselle tuesta ja avusta erityisesti työn alkuun saattamiseksi, Juho Töllille jatkuvasta avusta suunnitteluratkaisujen kehittämisessä sekä esimiehelleni Tuomo Göösille mahdollisuudesta työstää tätä tutkimusta oman päivätyöni ohessa. Kiitos myös Tampereen yliopiston puolesta työtäni ohjanneelle ja työni tarkastaneelle professori Arto Saarelle.

Helsingissä, 3.2.2020

Eetu Hyttinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	1
1.3	Tutkimuksen rajaukset	2
1.4	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus.....	2
2.	RAKENNUSHANKE PERUSTAJAURAKOINNISSA.....	3
2.1	Hankkeen kulku.....	3
2.1.1	Tarveselvitys	5
2.1.2	Hankesuunnittelu	5
2.1.3	Rakennussuunnittelu	5
2.1.4	Rakentaminen ja käyttöönotto	6
2.2	Kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät	7
2.3	Suunnittelun ohjaus	10
2.4	Hankintatoimi.....	11
3.	VAKIOINTI OSANA TUOTTEISTAMISTA	13
3.1	Tuotteistaminen.....	13
3.1.1	Vakiointi.....	14
3.1.2	Massaräätälöinti	15
3.1.3	Lean ja jatkuva parantaminen	18
3.2	Tuotteistaminen rakentamisessa.....	21
3.2.1	Hankekohtaisesti ratkaistavat kokonaisuudet	25
3.2.2	Vakioitavat kokonaisuudet.....	27
4.	KOHDE YRITYS JA TUTKIMUKSEN SUORITUS	28
4.1	Kohdeyritys	28
4.2	Tutkimusmenetelmä ja tiedonkeruu	30
4.2.1	Tutkimusmenetelmän valinta.....	30
4.2.2	Kyselytutkimus	30
4.2.3	Teemahaastattelut.....	31
4.2.4	Havainnointi.....	32
5.	VAKIOINNIN NYKYTILA JA KEHITTÄMISTARPEET	33
5.1	Pilottikohde	33
5.2	Hankekohtaisten kokonaisuuksien vaikutus.....	34
5.3	Betonielementit	35
5.3.1	Sokkelielementit.....	36
5.3.2	Maanpaine- ja kuorielementit	38
5.3.3	Massiivilaatat	40
5.3.4	Väliseinäelementit	41
5.3.5	Sisäkuorielementit.....	42
5.3.6	Sandwich-ulkoseinäelementit	43
5.3.7	Parvekelaatat	45

5.3.8	Pieli- ja pilarielementit.....	48
5.3.9	Ontelolaatat	49
5.3.10	Hormit	50
6.	TULOKSET	52
6.1	Elementtien tyypikuvien vakiointi	52
6.1.1	Sokkelielementit.....	52
6.1.2	Maanpaine- ja kuorielementit	53
6.1.3	Massiivilaatat	54
6.1.4	Väliseinäelementit.....	54
6.1.5	Sisäkuorielementit.....	56
6.1.6	Sandwich-ulkoseinäelementit	58
6.1.7	Parvekelaatat	63
6.1.8	Pieli- ja pilarielementit.....	64
6.1.9	Ontelolaatat	66
6.1.10	Hormit	69
6.2	Liitokset ja detaljit.....	70
6.3	Suunnitteluohjeet.....	72
7.	YHTEENVETO	73
7.1	Tulosten tarkastelu	73
7.2	Jatkotutkimusehdotukset	74
8.	LÄHTEET.....	75
9.	LIITTEET	78

LIITE 1: Kysely – vastaukset

LIITTEET 2-16: Betonielementtiverailut

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämän diplomityön kohdeyritys on pyrkinyt viemään rivi- ja kerrostalotuotteidensa rakenteiden ja rakennusprosessien vakiointia määrätietoisesti eteenpäin jo vuosien ajan. Vakiontia on edistetty jakamalla työmaiden hyviä ja huonoja käytäntöjä koko yrityksen tietoisuuteen sekä toteuttamalla lukuisia opinnäytetöitä rivi- ja kerrostalo suunnittelu ja rakentamisprosessista aina tontin hankesuunnittelusta kohteen loppukäyttäjälle luovutukseen saakka. Näillä keinoilla kohdeyrityksen rivi- ja kerrostalohankkeiden toteuttaminen on saatu kustannustehokkaaksi ja laadukkaaksi.

Kohdeyrityksen kerrostalotuotannossa on kuitenkin edelleen haasteita, jotka aiheuttavat paljon ylimääräistä työtä ja kustannuksia projektien tuotantovaiheessa. Tällä hetkellä monilla kerrostalotyömailla toistuvat samat virheet, jotka tarkemmin mietityillä suunnitelmilla olisi mahdollista välttää. Lisäksi johtuen yrityksen vauhdikkaasta kasvusta ja tätä kautta uuden henkilöstön jatkuvasta rekrytoinnista olisi tärkeää, että yritykseltä löytyisi yhtenäiset tuotantomallit samankaltaisiin kohteisiin, jolloin hyväksi todetut suunnitteluratkaisut toistuisivat työmaasta toiseen sekä tuotannon- että uusien työntekijöiden ohjaus helpottuisi. Esimerkiksi koko työmaahenkilöstöllä, kaikilla aliurakoitsijoilla tai kaikilla suunnittelijoilla ei välttämättä ole käytännön kokemusta tai tuntemusta kohdeyrityksen tuotteen tai rakennusprosessin erityispiirteistä, mikä johtaa vaihteleviin rakentamiskäytäntöihin ilman vakioituja rakenteita ja toimintatapoja.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksella pyritään selvittämään kohdeyrityksen tämän hetken kerrostalotuotannossa esiintyvät epäkäytännölliset, ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavat sekä tuotteen lopputuotteen laadua heikentävät suunnitteluratkaisut rakenteiden, liittymien ja detaljien osalta sekä löytää näihin tuotannon ja lopputuotteen laadun kannalta tehokkaammat ratkaisut, joita kohdeyritys voi käyttää kaikissa kerrostalokohteissaan. Saavuttamalla tämän tavoitteen kohdeyritys voi tehostaa suunnittelu-, hankinta- ja rakennusprosessejaan sekä kustannusten, tuotannon sujuvuuden, että laadun osalta. Konkreettisena tavoitteena on luoda suunnitteluohteet, yhtenäistää elementtitehtäville lähetettäviä tyyppikuvia sekä kehittää tiettyjä heikoiksi koettuja detaljeja.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Näkökulma diplomityön suorittamiseen on perustajaurakoitsijana toimivan yrityksen toiminnan kehittäminen. Tutkimus koskee diplomityön toimeksiantajana toimivan kohdeyrityksen perustajaurakointimallilla toteuttamia kerrostalokohteita.

Tutkimus on rajattu käsittelemään vain kohdeyrityksen pitkälle vakioitua kerrostalotuotetta ja sen betonisia runkorakenteita sekä niihin liittyviä kokonaisuuksia, nykyisten rakenneratkaisujen ongelmakohtien ja kehitysehdotusten osalta. Tutkimuksessa keskitytään kohdeyrityksen kohteissa yleisimmin esiintyviin betonielementteihin ja näiden liitoksiin, kaikkia rakennuksen detaljeja ja rakenteita ei tutkita.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista tutkimustapaa. Tämä toteutettiin kohdeyrityksen koko henkilöstölle lähetetyllä kyselyllä yrityksen tämän hetken kerrostalotuotannon tilanteesta. Lisäksi tutkimusta varten tehtiin 5 haastattelua, joilla pyrittiin syventymään jo kysely vaiheessa esille nousseisiin ongelmiin. Haastatteluissa selvitettiin myös eri projektien hyväksi todettuja suunnitteluratkaisuja, joita valjastaa yrityksen laajempaan käyttöön.

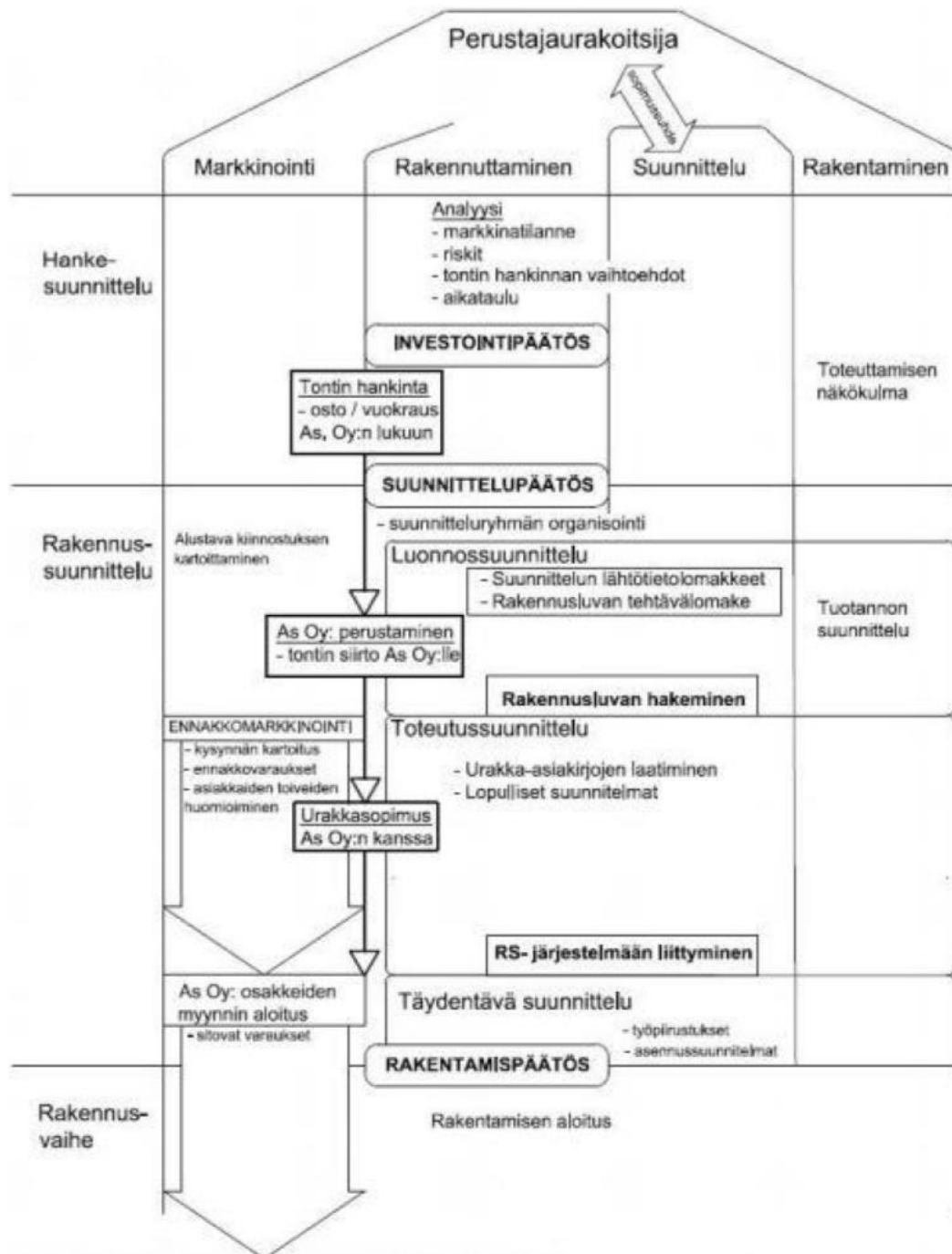
Tutkimuksen teoriaosuus käsittelee perustajaurakoinnin prosessia, lean –filosofiaa yleisesti, sekä tuotteistamista yleisesti ja rakennusalan näkökulmasta. Käytetty aineisto on kerätty pääosin Tampereen yliopiston sekä Aalto Yliopiston kirjastoista ja koulujen kirjastietokannoista.

Työn toisessa osassa pyritään löytämään keinoja ja hyviä suunnitteluratkaisuja kohdeyrityksen nykyisen kerrostalotuotannon suunnitelmien vakiontiin ja parantamiseen. Kehitettäviksi kohteiksi valittiin kyselyissä ja haastatteluissa havaitut suunnitelma ongelmakohdat kohdeyrityksen nykyisessä kerrostalon rakennusprosessissa.

2. RAKENNUSHANKE PERUSTAJAURAKOINNISSA

2.1 Hankkeen kulku

Perustajaurakointimallilla toteutettava projekti käynnistyy markkina-analyysillä ja tontin hankinnalla, johon tuleva rakennus rakennetaan. Rakennusliike voi joko ostaa rakennusoikeutta sisältävän tontin tai vuokrata sen. Myös rakennusoikeutta sisältämättömän maan ostaminen ja siihen yhdessä kunnan kanssa suunniteltavan molempia osapuolia tyydyttävän kaavan luominen on mahdollista (Walden 2015). Tämän jälkeen rakennusyritys perustaa asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön ja merkitsee sen osakkeet. Asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön perustamisen jälkeen rakennusliike tekee perustetun yhtiön kanssa urakkasopimuksen itse rakentamisesta. Rakennusyrityksen vastuulle kuuluu myös huoneistojen hallintaan oikeuttavien osakkeiden myynti rakentamisen alkaessa, aikana tai sen jälkeen ja näistä muodostuvat yrityksen tulot. Yrityksen kulut puolestaan muodostuvat pääosin kohteen rakennuskustannuksista. Kulut puolestaan muodostuvat kohteen rakennuskustannuksista. Perustajaurakoitsija hoitaa siis varsinaisen rakennusurakoinnin lisäksi kiinteistöjen huoneistojen hallintaan oikeuttavien osakkeiden myynnin (Lahti 2007). Perustajaurakointiprojektin kulkua on havainnollistettu alla esitetyssä kuvassa 1.



Kuva 1. Perustajaurakointi hankkeen kulku (Walden 2015).

Perustajaurakoinnissa rakennusliike siis perustaa asunto-osakeyhtiön, suunnittelee ja rakentaa kohteen sekä markkinoi osakeyhtiön osakkeita ostajille. Perustajaurakointihankeprojekti koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennus-suunnittelu sekä rakentaminen ja käyttöönotto (RT 10-11256). Seuraavissa alakapissa tarkastellaan näiden vaiheiden sisältöä tarkemmin.

2.1.1 Tarveselvitys

Rakennushanke alkaa tarveselvityksellä. Tarveselvityksen tarkoituksena on perustella tilalahankinnan tarpeellisuus tai jo olemassa olevan tilan muutostarve, hahmotella alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet sekä arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus. Perustajaurakoinnissa tähän vaiheeseen kuuluu markkinatilanteen analysointi, projektin riskien kartoitus, mahdollisten tonttivaihtoehtojen vertailu sekä hankkeen aikataulutus (Lahti, 2007).

Tässä vaiheessa kiinnittyy suurin osa rakennushankkeen kustannuksista. Tarveselvitysvaiheen lopputuloksena valmistuu hyväksytty tarveselvitys ja hankepäättös. Hankepäätöksessä esitetään investoinnin kannattavuustavoitteet, eri toimintavaihtoehtojen laatu-, laajuus-, kustannus- ja aikataulutavoitteet sekä alustavat tuottoanalyysit, kassavirta-, investointi- ja ylläpitokustannuslaskelmat. Hyväksytyn tarveselvityksen ja hankepäättöksen jälkeen edetään hankesuunnitteluvaiheeseen (Junnonen & Kankainen 2017).

2.1.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Siinä määritellään rakennuspaikka ja hankkeen toteutustapa. Hankesuunnittelussa laaditaan toimeksiantajan investointipäätökseen tarvitsemat rakennushanketta koskevat tiedot ja rakennussuunnittelun tavoitemäärittely (Junnonen & Kankainen 2017).

Vaiheen tuloksena syntyy hyväksytty hankesuunnitelma ja investointipäätös. Hankesuunnitelma muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Projektiohjelmassa esitetään hankkeen läpiviennille asetetut tavoitteet ja hankeohjelmassa hankkeen suunnittelulle asetetut tavoitteet (RT 10-11284). Näitä tavoitteita ovat tilaohjelma ja tilojen ominaisuuksia koskevat vaatimukset, selvitys rakennuspaikasta, hankkeen budjetti ja rahoitussuunnitelma sekä suunnittelu ja rakentamisaikataulu (Junnonen & Kankainen 2017).

2.1.3 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu on rakennuspaikkaan ja sen ympäristöön soveltuvan rakennuskohteen arkkitehtonisen, toiminnallisen ja teknisen ratkaisun kehittämistä tilaajan antamien tavoitteiden ja ehtojen mukaan. Suunnittelun lähtötietoja ovat hankesuunnitelma, suunnitteluohjeistukset ja -ohjeet, rakennuttajan asettamat tavoitteiden täsmennykset, tehtäväluettelot, normit sekä rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL) (RT 10-11284).

Rakennussuunnittelu voidaan jakaa suunnittelun käynnistämispäätöksen jälkeen kolmeen erilliseen vaiheeseen, jotka ovat ehdotussuunnittelu-, yleissuunnitteluvaihe ja toteutus-suunnitteluvaihe. Ehdotussuunnittelussa hankkeelle suunnitellaan riittävä määrä tavoitteiden mukaisia yleisratkaisuja vertailua varten.

Ratkaisut tehdään niin tarkasti, että niiden toimivuutta, soveltuvuutta ympäristöön ja kustannuksia voidaan arvioida ja verrata. Vertailun perusteella tilaaja valitsee yhden ratkaisun ehdotussuunnitelmat jatkosuunnittelun pohjaksi (Junnonen & Kankainen 2017).

Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelmassa esitettyjä yleisratkaisuehdotuksia tarkennetaan rakennuksen tontille sijoittumisen, ympäristöön liittymisen sekä arkkitehtonisen, toiminnallisen ja teknisen yleisratkaisun osalta. Lisäksi teetetään rakennuspaikan yksityiskohtainen pohjatutkimus ja rakennejärjestelmän periaateratkaisu. Yleissuunnitteluvaiheessa esitetään myös tilojen ja teknisten järjestelmien ohjaus- ja valvontajärjestelmät ja niiden sopivuus muiden toimintojen tietoverkkoihin.

Näiden lisäksi suunnitellaan ratkaisumallit toistuvista osastoista tai yksiköistä, tyypillisistä yksityiskohdista ja erikoisrakenteista. Yleissuunnitelman valmistuttua suunnitelmaa verrataan tilaajan asettamiin tavoitteisiin teknisestä, taloudellisesta ja aikataulullisesta näkökulmasta. Tilaajan hyväksyessä yleissuunnitelman laaditaan yleissuunnitelman pohjalta rakennuslupaun tarvittavat dokumentit ja yleissuunnitelma tulee toimimaan pohjana jatkosuunnittelulle (Junnonen & Kankainen 2017).

Suunnitteluprosessin viimeinen vaihe on toteutussuunnittelu. Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan työpiirustukset ja tekniset suunnitelmat, joilla rakennus voidaan valmistaa. Toteutussuunnitteluvaiheessa selvitetään tilaajan tavoitteiden mukaiset toiminnan ja käytön aiheuttamat tarpeet, varmistetaan ratkaisujen ja detaljien tavoitteidenmukaisuus, asetetaan tavoitteet valmistus- ja viimeistelytarkkuudelle, ohjelmoidaan tilaajan erillishankinnat, hyväksytetään kaikki tarvittavat suunnitelmat viranomaisilla sekä varmistetaan suunnitelmien yhteensopivuus (Junnonen & Kankainen 2017).

Toteutussuunnittelun pohjalta rakennuksen määrä- ja laatutiedot tulee voida määrittää yksiselitteisesti esimerkiksi urakkatarjouksien antamista varten. Ehdotussuunnittelun, luonnossuunnittelun ja toteutussuunnittelun lisäksi yhdeksi rakennussuunnittelun vaiheeksi voidaan laskea myös täydentävä suunnittelu, joka on rakentamisen valmistelun tai rakentamisen aikana kohteen toteuttamiseksi tarvittavia piirustuksia. Tämä vaihe korostuu perustajaurakoinnissa, jossa hanke monesti aloitetaan ennen kaikkien suunnitelmien täydellistä valmiutta (Junnonen & Kankainen 2017).

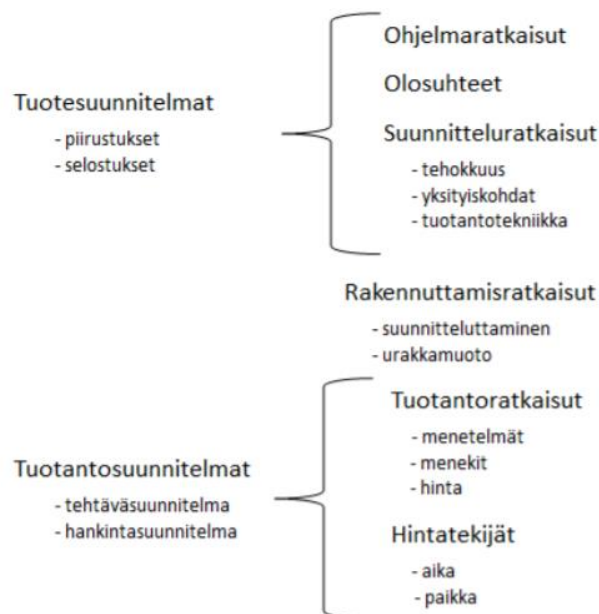
2.1.4 Rakentaminen ja käyttöönotto

Rakennusvaiheen tavoitteena on saavuttaa lopputulos, joka täyttää rakennukselle asetetut vaatimukset sopimuksien mukaisilla toteutustavoilla sekä varmistaa tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Lisäksi huolehditaan toimeksiantajan eduista ja rakennuttajavelvoitteista sekä teetetään täydentävät ja muut muutostyösuunnitelmat. Kohteen valmistuminen sovitussa aikataulussa varmistetaan aikatauluvalvonnalla. Rakentamisvaiheen lopussa tarkistetaan, että kohde on tehty suunnitelmien mukaan ja toimii suunnitellulla tavalla (RT 10-11284).

Rakentamisen jälkeen seuraa rakennuksen käyttöönottovaihe, jossa varmistetaan teknisten järjestelmien toiminta sekä annetaan käytön opastus. Käyttöönottovaihe päättyy ta-
kuutarkastukseen ja takuiden vapautumiseen (RT 10-11284).

2.2 Kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät

Rakennushankkeen kustannukset koostuvat alla olevan kuvan 2 mukaisesti tuotesuunnitelmista sekä tuotantosuunnitelmista. Tuotesuunnitelmat pitävät sisällään tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa tehdyt ohjelmaratkaisut, kohteen suunnitteluratkaisut sekä rakennuspaikan olosuhteet. Tuotantosuunnitelmat puolestaan koostuvat rakennuttajan päättämistä tuotantoratkaisuista sekä paikallisista ja rakentamisen ajankohdasta johtuvista tekijöistä.



Kuva 2. Rakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat tekijät (Kankainen & Junnonen 2017)

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät suurimmaksi osaksi tarveselvitysvaiheessa ohjelmaratkaisujen eli tilojen sijoittelun ja tilaohjelman perusteella. Näihin kustannuksiin on vaikeaa vaikuttaa enää jälkikäteen. Huolellisesti toteutetuilla hankesuunnitelmilla esimerkiksi loppukäyttäjän tarpeet ylittävien tilojen karsimisella on mahdollista saada aikaan merkittäviä kustannussäästöjä. (Junnonen & Kankainen 2017)

Olosuhteista muodostuva kustannus koostuu rakennuspaikan selvityksestä, jonka tarkoituksena on tukea hankkeen suunnittelua ja toteutusta sekä estää yllättävien kustannuste-

kijöiden muodostuminen. Selvitys pitää sisällään paikan toiminnallisen ja teknisen selvityksen sekä kaavaselvityksen. Selvityksessä tutkittavia toiminnallisia kokonaisuuksia ovat.

- tontin koko ja muoto
- pinnanmuodostus
- liikenneyhteydet
- paikoitus
- purettavat ja säilytettävät rakennukset,

teknisiä kokonaisuuksia

- pohjavesi olosuhteet
- rakentamisen vaikutus naapurikiinteistöihin
- vedenhankinta
- viemärointi
- pintavesien poisjohtaminen
- sähkövoima
- kaukolämpö

ja kaavaan liittyviä kokonaisuuksia

- maa-alueeseen kohdistuvat oikeudet kuten kiinnitykset ja rasitteet

Rakennushankkeeseen ryhtyvän velvollisuuksiin kuuluu varmistaa, että rakennettavan rakennus on suunniteltu ja rakennettu niin että sen rakenteet ovat vakaita ja soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin kestäen rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen tulee toteuttaa niin että rakennukseen kohdistuvat rakentamisen ja käytön aikaiset kuormitukset eivät aiheuta sortumista, lujuutta tai vakautta haittaavia muodonmuutoksia. Kuormitukset eivät myöskään saa vaurioittaa muita rakennuksen osia tai siihen asennettuja kiinteitä laitteita ja varusteita. Onkin siis oleellista tutkia rakennuspaikan olosuhteet ja varmistaa rakennuksen soveltuvuus kyseisen rakennuspaikan olosuhteisiin ennen rakennesuunnittelun aloittamista. (Lehtonen 2017)

Rakennussuunnittelun tavoitteena on saavuttaa tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa päätetyt ohjelmaratkaisut mahdollisimman kustannustehokkaasti. Rakennussuunnittelussa määräytyvät kustannukset ovat monen tekijän summa, joista kaikkiin ei voida vaikuttaa. Rakennussuunnitteluvaihe on kuitenkin tarveselvitysvaiheen lisäksi rakennushankkeen kustannuksien määräytymisen kannalta oleellisin vaihe (Lindholm 2009).

Hankkeen rakennuskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä rakennussuunnitteluvaiheessa ovat ohjelmaratkaisujen ja rakennuspaikan olosuhteiden ohella suunnittelut rakennusosat ja tekniikkaosat. Rakennusosiksi luetaan alue-, tila- ja talo-osat. Alueosat pitävät sisällään

maaosat, tuennat, vahvistukset, päällysteet ja pintarakenteet. Talo-osat koostuvat perustuksista, alapohjasta, rungosta, julkisivusta, ulkotasoista sekä vesikatoista. Tilaosiksi katsotaan tilanjako-osat, tilapinnat sekä tilavarusteet. Tekniikkaosia puolestaan ovat putkistot, ilmanvaihto-osat, tieto-osat sekä laiteosat. Näitä tekijöitä suunnitellessa tulee ottaa huomioon ohjelmaratkaisut sekä rakennuspaikan olosuhteet ja pyrkiä yritykselle edullisimpiin suunnitteluvaihtoehtoihin (Haahtela & Kiiras 2014).

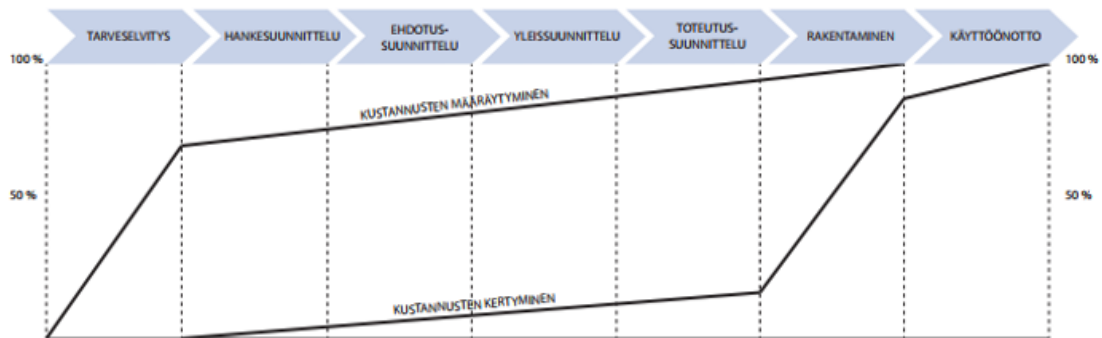
Hankkeen tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheissa määräytyvät kustannukset kertyvät pääosin rakentamisvaiheessa mutta myös rakentamisvaiheessa pystytään vaikuttamaan kustannusten määräytymiseen ja toteutumiseen. Rakentamisvaiheessa kertyviin kustannuksiin pystytään vaikuttamaan hankinnoilla, rakentamisajankohdalla sekä tuotantoratkaisuilla. Hankintojen koko vaikuttaa kustannuksiin. Hankintojen koolla on vaikutusta sekä materiaalien että työn hankintahintaan. Määrällisesti suuria hankintoja tehdessä suuremmat tilaukset voivat johtaa edullisempaan materiaalin yksikköhintaan. Toisaalta suuret työkokonaisuudet voivat aiheuttaa myös pienempien, potentiaalisesti edullisempien urakoitsijoiden käytölle esteitä mutta tähän pystytään puuttumaan työn pilkkomisella (Haahtela & Kiiras 2014).

Markkinan suhdannetilanteella on vaikutusta hankkeen yleiseen hintatasoon. Korkeasuhdanteessa työntoteuttajista on yleisesti puutetta, jolloin työntoteuttaja pystyy määrittelemään hintaa paremmin. Matalasuhdanteessa puolestaan työntoteuttajien kilpailu on suurta, jolloin työnhankkijalla on mahdollisuus työn ostamiseen matalammalla hinnalla kilpailutuksen seurauksena (Haahtela & Kiiras 2014).

Tuotantoratkaisut voivat aiheuttaa toistuvuuden ja sujuvuuden kautta merkittäviä säästöjä rakentamiskustannuksiin. Tuotettaessa jatkuvasti samankaltaisia tuotantoyksiköitä on mahdollisuus tehokkuuden kasvattamiseen toistojen kautta tapahtuvan oppimisen sekä työn automatisoitumisen seurauksena (Kivimäki *et.al* 2015). Lisäksi rakentamisen aikaisien kustannuksien kertymiseen pystytään vaikuttamaan huolellisesti suunnitellulla rakennustyön toteutuksella, jotta pystytään välttymään rakennusteollisuudelle tyypillisiltä ennalta määräämättömien kustannusten kertymiseltä. Näitä ovat mm. rakennusvirheet, aikatauluviivästykset sekä sää (Keppo 1991).

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin hankkeen alkuvaiheessa ja suurin osa kustannuksista kertyy rakentamisvaiheessa.

Alla olevassa kuvassa 3 esitettynä tyypillisen rakennushankkeen kustannuksien määräytyminen ja kertyminen kuhunkin hankkeen vaiheeseen suhteutettuna.



Kuva 3. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa (RT 10-11226)

Eloranta (Eloranta 2014) on todennut omassa tutkimuksessaan hankkeen kustannuksien määräytyvän 50-60% hankitun tontin ja asemakaavan mukaan. Suhdannetilanteen vaikutuksen hankkeen kustannuksiin Eloranta arvio olevan noin 20% ja loput noin 20% määräytyvät suunnitteluratkaisujen sekä suunnitteluohjauksen mukaan.

2.3 Suunnittelun ohjaus

Kuten edellä olevassa alikappaleessa todettiin, suurin osa rakennushankkeen kustannuksista määräytyy suunnitteluvaiheessa. Tämän vuoksi tehokas suunnittelun ohjaus onkin yksi pääedellytyksistä onnistuneelle rakennusprojektille. Suunnitteluratkaisuilla on merkittävä vaikutus hankkeen taloudelliseen onnistumiseen. Oleellisin paikka vaikuttaa käytettäviin ratkaisuihin ja niistä aiheutaviin kustannuksiin on projektin ohjelmointi- ja suunnitteluvaihe. Tämän vaiheen tähtäimenä tulee olla hankkeen tarkoituksenmukaisuus ja taloudellisesti hyväksyttävä lopputulos. Lindholm vertaakin suunnittelun ohjausta tulosjohtamiseen, joka sisältää realistisen kustannustavoitteen asettamisen hankesuunnitteluvaiheessa ja sen valvonnan suunnitteluvaiheessa. Suunnittelun ohjauksen tarkoituksena siis on varmistaa hankkeen tavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman pienin kustannuksin. Suunnittelun ohjauksella ei kuitenkaan tule pyrkiä toimintojen karsimiseen, laatutason alenemiseen tai tilojen vähimmäismitoitukseen vaan hankesuunnitteluvaiheessa määritettyyn tavoitteeseen tarkoituksenmukaisella hinnalla (Haahtela & Kiiras 2014).

Oleellista suunnittelun ohjauksessa on tilaajan ja suunnittelijan välinen yhteistyö. Yhteistyön tavoitteena tulee olla hankkeen ohjelmointivaiheessa asetettujen tavoitteiden saavuttaminen niin laadultaan kuin kustannuksiltaan (Lindholm 2009). Omaperustaisessa asuntotuotannossa tilaajana ja rakennuttajana on rakennusliike, joten myös suunnittelun ohjaus kuuluu rakennusliikkeen tehtäviin. Suunnittelun ohjauksesta vastaa hankkeeseen nimetty pääsuunnittelija (RT 10-11107).

Suunnittelun ohjauksen työkaluina toimivat usein tehtäväluetteloiden lisäksi kohdeyrityksen sisäiset suunnittelumateriaalit, joilla erityisesti omaperustaisessa tuotannossa asetetaan suunnittelulle rajoitteita ja ohjeistuksia halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi niin taloudellisesti kuin laadullisesti. Näitä voivat olla esimerkiksi käytettävät rakenne-tyypit tai kalustevalinnat. Hankkeen taloudellisiin tavoitteisiin pääseminen perustuu suunnitteluratkaisujen vertailuun ja kohteen niin kustannuksiltaan kuin laatutasoltaankin sopivimman ratkaisun valintaan. Suunnittelulla ei voida vaikuttaa kaikkiin kustannuksiin aiheuttaviin tekijöihin, sillä osa kustannuksista määräytyy esimerkiksi tontin pohjaolosuhteiden sekä asemakaavan asettamista vaatimuksista. Tästä lisää tutkimuksen myöhemässä vaiheessa.

2.4 Hankintatoimi

Hankintatoimi on yrityksen organisoitua tuotteiden ja palveluiden hankkimiseen liittyvää toimintaa. Rakennusliikkeissä hankintatoimen tehtävänä on hankkia työmailla tarvittavat palvelut ja tuotteet mahdollisimman edullisella tavalla kokonaiskustannuksiltaan. Oleellisena osana hankintatoimen tehtäviin kuuluu myös hankintojen laadullisen ja ajallisten tavoitteiden määrittäminen. Täten tänä päivänä hankintatoimen onnistuminen omissa tehtävissään rakennushankkeessa on koko rakennushankkeen taloudellisen ja ajallisen lopputuloksen kannalta merkittävää. Yrityksen suurempien tai lopputuotteen kannalta merkittävien tuote- tai palvelukokonaisuuksien hankinnassa panostetaan nykyään kehittämään toimivia sekä yhtenäisiä menettelytapoja ja prosesseja (Junnonen & Kankainen 2012).

Rakennusyrityksen hankintatyypit voidaan jakaa neljään osaan, volyymiostoihin, rautakauppaostoihin, kriittisiin hankintoihin ja erikoishankintoihin alla esitetyn kuvan 4 perusteella. Kuvan hankintojen jaottelutyyppiä kutsutaan ostosalkkuanalyysiksi.



Kuva 4. Hankittavan tuotteen erottelu perustuen tuotteen merkittävyyteen tai saatavuuteen (KETJU-yhteen veto 20)

Ostosalkkuanalyysiin kuuluvat ryhmät vaativat erilaisia hankintastrategioita joita on esitetty yllä olevassa kuvassa. Rautakauppaostoja ovat kaikki hankintapanostukseltaan pienet tuotteet ja usein ne ovat euromääräisesti pieniä ja niiden oheiskulujen osuus on suuri. Rautakauppaostoista saatava hyöty ei tule ostohinnasta vaan toiminnan sujuvuudesta, yksinkertaisuudesta ja helppoudesta (Junnonen & Kankainen 2012).

Volyymiostoja ovat hankinnat, jotka ovat taloudellisesti suuria mutta toistuvia. Volyymiostotuotteelta vaadittavat tärkeimmät ominaisuudet ovat korkea toimitusnopeus sekä joustavuus. Volyymiostojen tuottama hyöty saadaan ostohinnasta ja suuren hankintavolyymien hyväksikäytöstä. Volyymiostoissa on olennaista pyrkiä saamaan toimitusajat lyhyemmiksi ja alentamaan hankekohtaisia logistiikkakustannuksia (Junnonen & Kankainen 2012).

Kriittisten hankintojen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat toimitustarkkuus ja toimitusvarmuus johtuen niiden aikataulullisesta kiireellisyydestä. Kriittiset hankinnat ovat usein tärkeimpiä työmaan tuloksen kannalta ja niiden toimittajat ovat yleensä paikallisia (Junnonen & Kankainen 2012).

Erikoishankinnat ovat kohdekohtaisia ja harvoin toistuvia hankintoja, joiden toteuttaminen tapahtuu hankintahenkilöstöä kuormittavana kertakauppana. Erikoishankinnoista tulee tehdä työmaakohtaiset hankintasopimukset, joihin yleensä liittyy tuote- ja rakenneratkaisujen detaljisuunnittelun tavoite (Junnonen & Kankainen 2012).

3. VAKIOINTI OSANA TUOTTEISTAMISTA

3.1 Tuotteistaminen

Tuotteistamisella tarkoitetaan asiakkaalle tarjottavien palveluiden tai tuotteiden määrittelyä, suunnittelua, kehittämistä, kuvaamista ja tuottamista samalla maksimoiden tuotteen tai palvelun asiakashyödyt ja yrityksen tulostavoitteet (Sipilä 1996). Kiiraksen ja Huovisen (1995) mukaan tuotteistaminen on tuotestrategia, jossa tilaajakohtaisesti suunniteltu yksilöllinen tuote korvataan yrityksen valmiiksi suunnittelemalla tuotteella. Valmiiksi suunnitellulla tuotteella yritys pystyy tehostamaan omaa toimintaansa pienentämällä erilaisten tuotevariaatioiden määrää.

Tuotteistetut ja tuotteistamattomat tuotteet omaavat molemmat erityispiirteitään ja ne eroavat toisistaan monella tapaa. Tuotteistamattoman tuotteen tyypillisiä piirteitä ovat tuotannon ja suunnittelun vaihtelevuudesta johtuvat variaatiot ja sen tuomat ongelmat. Tuotteistetuissa tuotteissa variaation määrä vähenee jolloin tuotteelle saavutetaan erinäisiä mieluisia piirteitä (Parantainen 2007). Tuotteistetun ja tuotteistamattoman tuotteen eroavaisuuksia on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 5.

TUOTTEISTAMATON	TUOTTEISTETTU
Hinta tapauksittain	"Kiinteä" hinta
Toteutus vaihtelee	Toteutus määritelty
Vaikea myydä	Helppo ostaa
Trivaalit työt toistuvat	Asiantuntemus kehittyy
Tieto kävelee kotiin	Osaaminen tiimillä
Rajoittaa kasvua	Monistuu

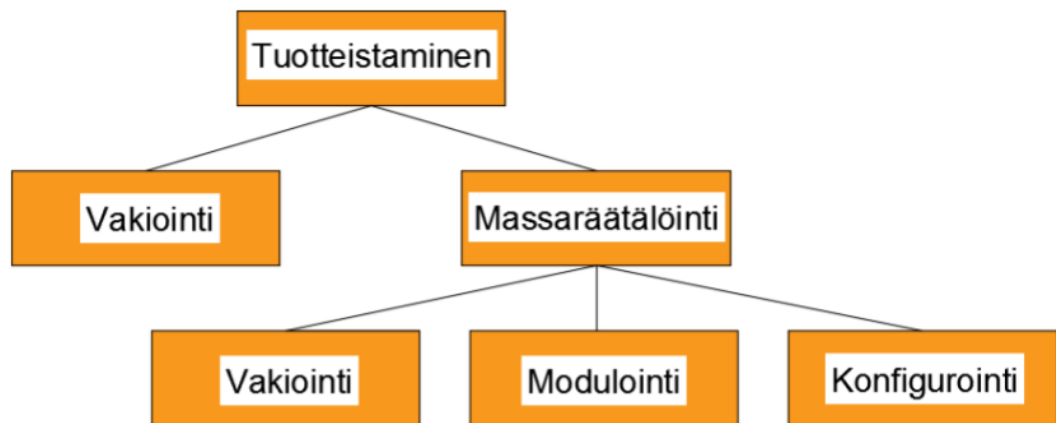
Kuva 5. Tuotteistamattoman ja tuotteistetun tuotteen erot (Parantainen 2007).

Tuotteistamista voi esiintyä yrityksen liiketoiminnassa kahdessa eri muodossa, sisäisenä ja ulkoisena tuotteistamisena. Sisäisellä tuotteistamisella pyritään parantamaan yrityksen sisäistä toimintaa, mahdollistaen näin paremman asiakaspalvelun ja tuotannon tehokkuuden. Sisäinen tuotteistaminen voi olla esimerkiksi erilaisten työmenetelmien, tietokantojen, laadunhallinta menetelmien, osaamisenkehitysjärjestelmien tai sisäisten tuotekuvausten kehittämistä. Sisäisen tuotteistamisen tarkoituksena on siis mahdollistaa yritykselle teknisesti toimivan ja asiakasvaatimukset täyttävän tuotteen suunnittelu ja tuottaminen. Sisäistä tuotteistamista voidaankin pitää yrityksen jatkuvana suunnittelu- ja

kehitystyötä vaativana, asiakasvaatimuksien ja liiketoimintaympäristön muutoksien huomioon ottavana pitkäaikaisena jatkuvan kehityksen prosessina (Simula 2010).

Ulkoinen tuotteistaminen on puolestaan asiakkaalle näkyvä tuotteistamisen osa-alue. Ulkoisen tuotteistamisen lopputuotteita voi näkyä asiakkaalle tuotemerkkien, esitteiden, dokumenttien ja referenssien muodossa (Sipilä 1999). Sillä tuodaan esille sisäisen tuotteistamisen tulokset julkaistussa muodossa, pyrkimyksenä tehostaa markkinointia tuottamalla lisäarvoa ja näin helpottaa tuotteen myyntiä (Simula 2010).

Tuotteistaminen koostuu kahdesta kokonaisuudesta, vakioinnista ja massaräätälöinnistä alla esitetyn Heleniuksen (Helenius, 2006) diplomityössään esittämän kaavion mukaisesti.



Kuva 6. Tuotteistamisen osa-alueet (Helenius 2006).

Vakioinnin tarkoituksena on luoda yrityksen tuotteelle muuttumattomia ominaisuuksia näin helpottaen yrityksen tuotteen tuotosprosessia. Näiden muuttumattomien ominaisuuksien tuotteeseen lisäämisellä voidaan myös parantaa yrityksen kannattavuutta vähentämällä mahdollisia tuotevariaatioiden määrää. Vakiointia voidaan harjoittaa niin tuotteen, sen osien, valmistusprosessien tai palveluiden tuottamisessa. Yllä esitetyssä kuvassa 6 on havainnollistettu Heleniuksen diplomityössään esittämää tuotteistamisen osa-aluekaaviota (Helenius 2006).

3.1.1 Vakiointi

Vakioinnin tarkoituksena osana tuotteistamista on vähentää tuotevariaatioiden määrää ja näin parantaa kannattavuutta. Mahdollinen kannattavuuden parantuminen perustuu vakioinnista syntyvien hyötyjen kuten laatuongelmien vähentymisen, tuotannon tehostumisen ja ostovolyymien kasvatuksen hyödyntämiseen. Vakiointi voi koskea tuotteita, tuotesiä, tuotantoprosesseja tai palveluita (Stevenson 2014).

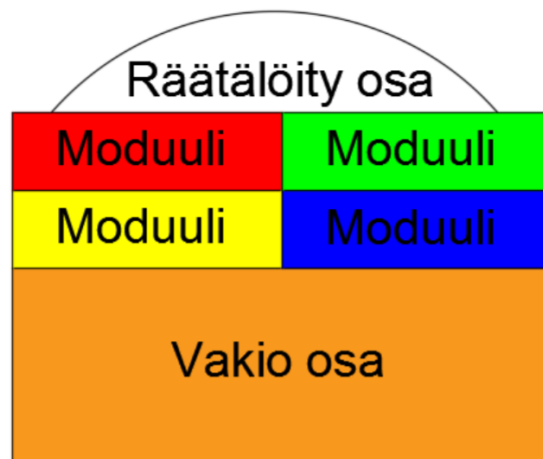
Aapaojan ja Haapasalon (2015) ottavat rakennusalan vakiointi tutkimuksessaan kantaa rakennusalan heikkoon tuottavuuteen ja miksi asia on näin. Tutkimuksen mukaan rakennusprosessien ja rakennustuotteiden vakiointi kulkevat käsikädessä. Heidän mukaansa rakennustuotteiden vakioinnista ei saada irti niin paljoa, kun pystyttäisiin koska rakennusprosessit eivät tue vakioitujen tuotteiden käyttöä. Tästä syystä rakennusalan tulisikin keskittyä prosessien kehittämiseen ns. front-end painotteisesti. Tällä tarkoitetaan suunnittelun ohjausta sekä teknisten vaatimusten että oleellisimpien kustannusten kannalta. Menetelmän tarkoituksena on tunnistaa potentiaaliset ongelmakohdat ja varmistaa että suunnitellut ratkaisut ovat mahdollisimman tarkkoja ja oikein. Aapaoja ja Haapasalo toteavat, että yksittäisten rakennusosien vakiointia ei saa unohtaa mutta rakennuttajien täytyy ymmärtää, että ennen rakennusosien vakioinnin hyödyntämistä täytyy prosessien olla niin hyvin toimivia, että tätä pystytään hyödyntämään.

Vakioinnin tarkoituksena rakentamisessa on pyrkiä vähentämään tuote- ja kohdekohtaisia sovellutuksia sekä tuotteissa että tuotteiden valmistusprosesseissa. Vakioinnilla on mahdollista saavuttaa teollisempi rakennustapa ja tätä kautta kustannussäästöjä lyhyemmän suunnitteluajan ja virhekustannuksien vähentymisen kautta. Erityisesti virhekustannusten, sekä suunnittelun että tuotannon suuruus rakennusalalla on suuri tällä hetkellä. Vakioinnilla on mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä myös suurempien ostovolyymien kautta (Aapaoja & Haapasalo 2015).

Perustana rakennusalan vakioinnille toimivat hyväksi havaitut detaljit ja ratkaisut. Esimerkiksi arkkitehtuuria ei tule pyrkiä vakioimaan vaan ainoastaan rakenteita, detaljeja sekä liitoksia. Vakiointia voidaan pitää synonyyminä varmuudelle käytettävien suunnitteluratkaisujen toimivuudesta ja kestävyydestä, ei suurelle ostomäärälle. Vakioinnin avulla suunnittelijoiden työpanos saadaan keskitettyä kunkin projektin ominaisille eniten kustannuksia aiheuttaville tekijöille perusasioiden sijaan.

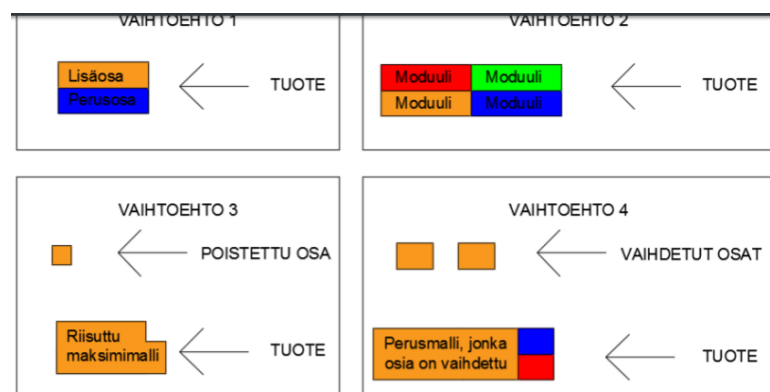
3.1.2 Massaräätälöinti

Kuten aiemmin esitetyssä kuvassa 6 esitettiin, massaräätälöinnin voi jakaa muodostuvaksi kolmesta eri toiminnallisesta osuudesta. Nämä osuudet ovat vakiointi, modulointi ja konfigurointi. Massaräätälöinnin tarkoituksena on tuottaa asiakkaan haluama tuote kuitenkin pitämällä tuotteen tai palvelun tietyt osat muuttumattomina ja näin hyödyntää massatuotannon tuomia etuja tuotteen valmistuksessa. Muuttumaton tuotteen osa on siis vakioitu ja asiakkaan vaikutusmahdollisuus tuotteeseen tarjotaan tiettyjä valmiiksi suunniteltuja moduuli vaihtoehtoja hyväksikäyttäen. Konfiguroinnilla puolestaan tarkoitetaan tuotteen määrittämistä moduloiduista osista. Tuotteen massaräätälöintiä voidaan kuvata alla olevassa kuvassa 7 esitetyllä kakkumallilla. Massaräätälöinnin tarkoituksena on pyrkiä poistamaan räätälöity osa tai vähintäänkin minimoimaan sen tarve valmiiden, mahdollisimman tarkasti asiakaskuntaa tyydyttävien moduulien tarjonnalla (Helenius 2006).



Kuva 7. Massaräätälöinnin kakkumalli (Helenius 2006).

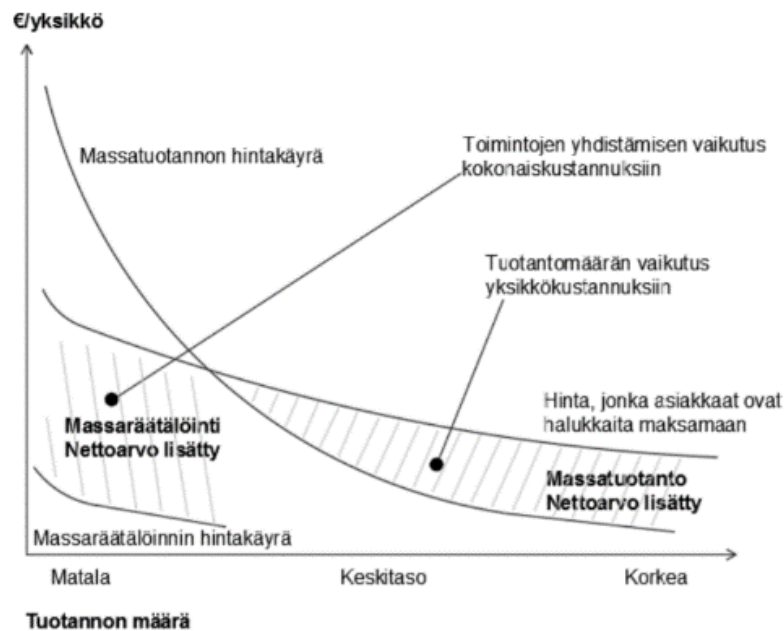
Sipilän (1999) mukaan massaräätälöidyn tuote voidaan koota monella eri tapaa alla esitetyn kuvan 8 mukaisesti. Massaräätälöity tuote voidaan koota lisäämällä perusosaan jokin lisäosa, kokoamalla tuote moduuleista, poistamalla vakiodusta tuotteesta tiettyjä osia tai vaihtamalla perusmallin tiettyjä osia muihin osiin. Kaikkien edellä esitettyjen mallien käytössä yhteistä on se että kaikkien osien, moduulien ja lisäosien on oltava vakioituja. Mikäli lisättäviä, poistettavia tai moduloituja osia joudutaan muokkaamaan yksilöllisiksi, prosessilla ei saavuteta massaräätälöinnin etuja.



Kuva 8. Massaräätälöidyn tuotteen koontimallit (Helenius 2006).

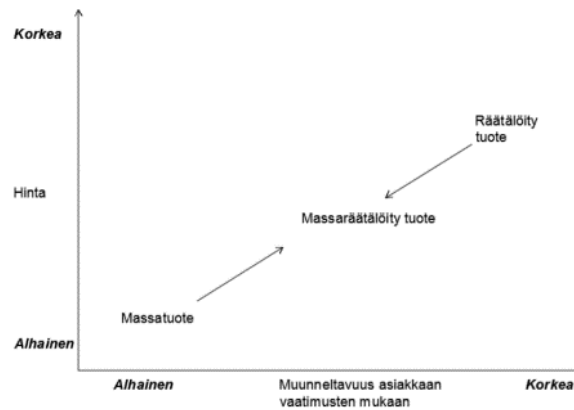
Massatuotannon liiketalouden taloudelliset hyödyt perustuvat tuotettavan tuotteen suuriin tuotantomääriin, joiden avulla saadaan katettua tuotannon kustannukset. Näin ollen massatuotanto ei sovi tilanteisiin, joissa tuotantomäärät ovat alhaisia. Tällaisissa tapauksissa massatuotteesta joudutaan pyytämään korkeampaa hintaa ilman asiakkaalle tuotettavaa lisäarvoa tuotantokustannuksien kattamiseksi. Alhaisissa tuotantomäärissä siirtymisellä massatuotannosta massaräätelöintiin voidaan saavuttaa merkittäviä etuja. Tuotteen massaräätelöinnin etuna on parempi asiakasmuunneltavuus joksikin tämä yleensä nostaa tuotteen hintaa. Hinnankorotus on kuitenkin yleisesti hyväksyttävää sillä asiakkaat ovat valmiita maksamaan osittain yksilöllisistä tuotteista massatuotteita korkeampaa hintaa.

(Tseng & Jiao 1998). Tseng ja Jiao (1998) ovat esittäneet artikkelissaan kuvan 9, massaräätälöinnin ja massatuotannon nettoarvon eli kannattavuuden lisäämisestä tuotantomääriin ja -kustannuksiin suhteutettuna.



Kuva 9. Tuotteen tuotantomäärän vaikutus kannattavuuteen (Tseng & Jiao 1998).

Tiihosen ja Soinisen (1997) mukaan massaräätälöityjä tuotteita voidaan siirtyä tuottamaan sekä massa- että yksilöllisistä tuotteista. Tätä on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 10. Siirtyminen massatuotetusta tuotteesta massaräätälöityyn tuotteeseen laajentaa yrityksen tuotevalikoimaa ja näin ollen kasvattaa asiakasmuunneltavuutta, jolloin myös asiakkaiden määrää on mahdollista saada kasvatettua laajemmän asiakastytyväsyyden avulla. Massatuotetusta tuotteesta massaräätälöityyn tuotteeseen siirtyminen kasvattaa tuotteen hintaa, mutta tuotteen suuremman asiakaskohtaisen muunneltavuuden ansiosta asiakkaat ovat usein valmiita maksamaan tuotteesta korkeamman hinnan (Tiihonen & Soininen 1997).



Kuva 10. Massaräätälöidyn tuotteen valmistukseen siirtyminen (Tiihonen & Soininen 1997).

Massaräätälöity tuotteen hyviä puolia verrattuna yksilöllisiin tuotteisiin ovat lyhyt toimitusaika sekä laajempi asiakkaille tarjottava tuotevalikoima. Nämä edut ovatkin saaneet yritykset siirtymään yksilöllisten tuotteiden valmistuksen sijasta massaräätälöityihin tuotteisiin. Massaräätälöidyn tuotteen edullisempi asiakkaalle tarjottava hinta mahdollistetaan räätälöityä tuotteita korkeammilla tuotantomäärillä. Korkeiden tuotantomäärien ylläpitämisen varmistamiseksi on tärkeää tarjota sopiva määrä erilaisia tuotemoduuleita sillä liian suuri tuotevariaatioiden määrä voi johtaa asiakaskohtaiseen suunnitteluun, joka vaikeuttaa korkeiden tuotantomäärien ylläpitoa (Tiihonen & Soininen 1997).

3.1.3 Lean ja jatkuva parantaminen

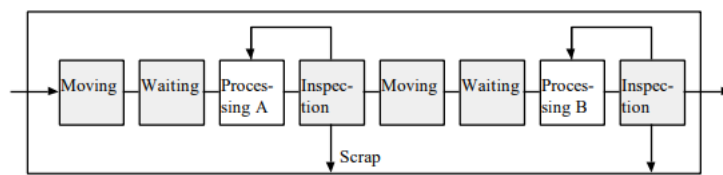
Lean-ajattelu on tuotantofilosofia, joka perustuu japanilaisen autovalmistaja Toyotan 1900-luvun puolivälissä kehittämiin toimintatapoihin. Näiden toimintatapojen alkuperäinen tarkoitus oli eliminoida kaikki turha työ kaikista tuotannon prosesseista. Lean-filosofian mukaan turhaksi työksi määritetään kaikki se työ, mikä ei tuo tuotteelle lisäarvoa asiakkaan silmissä (Koskela 1992). Hukkaa lean-filosofian mukaan ovat

- 1) ylituotanto
- 2) turha varastointi
- 3) laatuvirheet
- 4) tarpeeton kuljettaminen
- 5) tarpeeton liike työskentelyssä
- 6) yliprosessointi
- 7) odottaminen ja viivästykset
- 8) työntekijän kokemuksen ja luovuuden käyttämättä jättäminen.

Turhan työn lisäksi lean-ajattelu korostaa kahden muun tuotantoa rajoittavan tekijän, tuotannon epätasaisuuden ja ihmisten tai koneiden ylikuormituksen poistamiseen pyrkimistä.

Täytyy kuitenkin muistaa, että lean-ajattelun tavoitteita ei voida sovittaa kaikkiin tuotantolaitoksiin, mutta sen osittaisella hyödyntämisellä voidaan saavuttaa tuloksia missä tahansa toimintaympäristössä. Lean-ajattelussa näiden hukkiin tunnistamiseen ja eliminointiin käytetään useita eri työkaluja. Työkaluja ovat mm. 5S, Kanban, JIT (Just-in-time) ja Kaizen (Choudri 2001).

Lean ajattelussa tuotannon katsotaan olevan prosessi, jossa raakamateriaalit ja/tai informaatio jalostetaan lopputuotteeksi. Alla kuvassa 11 esimerkki tuotannosta prosessina. Prosessi koostuu tuotteen konvertoinnista ja prosessin virtauksesta. Konvertointi on itse tuotteen jalostusta, kun taas virtaus koostuu materiaalien kuljetuksesta, odottelusta ja tuotteen tai materiaalin tarkastamisesta.



Kuva 11: Tuotanto virtausprosessina (Koskela 1992).

Tuotannon tehokkuus määräytyy sekä konvertoinnin tehokkuuden (käytetty tuotantoteknologia, taidot, motivaatio) että virtauksen tehokkuuden mukaan. Kaikki prosessin vaiheet, sekä konvertointi että virtausvaiheet vievät aikaa ja rahaa mutta vain konvertointivaiheet tuovat tuotteelle lisäarvoa. Yllä olevassa kuvassa valkoiset laatikot kuvaavat konvertointia ja harmaat kaikkea virtauksessa esiintyvää hukkaa. Lean-ajattelun päämääränä onkin vähentää tai poistaa virtausaktiiviteettejä ja tehostaa konvertointiaktiiviteettejä. Näihin tähdätään seuraavin keinoin (Alarcon 1997).

1. Ei arvoa tuottavan toiminnan vähentäminen (hukan minimointi)
2. Tuotoksen arvon nostaminen systemaattisella ajattelulla asiakastavoitteista
3. Variaatioiden määrän vähentäminen
4. Kiertoaajan pienentäminen
5. Yksinkertaistaminen vähentämällä prosessiin kuuluvia vaiheita, osia ja liitännöitä
6. Tuotosjoustavuuden kasvattaminen
7. Prosessin läpinäkyvyyden parantaminen
8. Keskittyminen koko prosessin kontrolloitavuuteen
9. Jatkuvan parantamisen käyttöönotto prosesseissa
10. Kontrolloinnin keskittäminen koko prosessiin
11. Suorituskyvyn mittaaminen

Arvoa tuottavaksi toiminnaksi lasketaan Lean-ajattelussa materiaalin ja/tai informaation konvertointi kohti asiakkaan tarvetta. Ei arvoa tuottava toiminta puolestaan on toimintaa, joka vaatii aikaa, resursseja ja tilaa mutta ei lisää tuotteelle asiakasarvoa. Koskela (1992) kertoo omassa raportissaan kolme juurisyytä ei arvoa tuotteiden esiintymiselle tuotanto-

prosesseissa. Nämä syyt ovat suunnittelu, välinpitämättömyys sekä tuotannon synnynnäinen luonne. Suunnittelusta syntyvää ei arvoa tuottavaa toimintaa esiintyy erityisesti hierarkkisissa organisaatioissa. Yhden tehtävän pilkkominen kahteen osaan ja näin ollen itse työn suorituksen teettäminen kahdella eri ammattilaisella nostaa ei arvoa lisäävien tekijöiden tarkastamisen, siirtämisen ja odottelun määrää. Välinpitämättömyys puolestaan on yleistä tuotannon hallinnollisessa puolella. Prosesseja ei ole suunniteltu riittävän tarkasti vaan niiden on ikään kuin annettu kehittyä nykyisen kaltaisiksi, paljon ei arvoa tuottavaa toimintaa sisältäviksi kokonaisuuksiksi. Hukka on kuitenkin ominaista kaikelle tuotannolle. Juurisyitä hukalle on mahdollista vähentää tai eliminoida kokonaan mutta tässä tulee olla tarkka. Osa ei asiakasarvoa tuottavista töistä kuten suunnittelu, tuo arvoa tuotantoprosessin sisäisille asiakkaille arvoa ja näin parantaa tuotantovirtausta (Koskela 1992).

Yleisesti tuotannon suunnittelua on ohjannut kunkin tuotantovaiheen kustannusten minimoiminen. Koskelan mukaan tämä tuottaa ongelmia tuotannon risteyskohtauksissa ja aiheuttaa näin ollen ongelmia tuotantoprosessissa. Tästä syystä prosessi tulisi suunnitella sellaiseksi, että tuotantoprosessin edellinen vaihe palvelee seuraavaa vaihetta ikään kuin asiakkaana. Käytännössä tämä tarkoittaa jokaisen tuotantovaiheen tarpeiden analysointia ja edeltävän tuotantovaiheen muokkaamista seuraavan vaiheen tarpeita palveleviksi (Koskela 1992).

Prosessin variaatioiden vähentäminen tehostaa prosessia. Prosessin variaatioiden lukumäärä kasvattaa tuotantoprosessin kertoaikaa. Lisäksi asiakasnäkökulmasta yhtenäinen tuote on variaatioita omaavaa tuotetta parempi. Prosessin variaatioiden määrää pystytään vähentämään vakioimalla prosessin toimintoja (Koskela 1992).

Prosessin yksinkertaistamisella tarkoitetaan tuotannossa tarvittavien komponenttien vähentämistä tuotteessa ja tuotantovaiheiden vähentämistä prosessin materiaali tai tietovirtauksessa. Prosessin yksinkertaisuutta voidaan lisätä lyhentämällä tuotantovirtausta yhdistämällä toimintoja, vähentämällä tuotteen tuottamiseen tarvittavien osien määrää suunnittelu muutoksilla tai esivalmistetuilla osilla sekä vakioimalla esim. osia, materiaaleja ja työkaluja (Koskela 1992).

Tuotosjoustavuus auttaa yritystä selviämään kysynnän epävarmuuksista sekä ulkopuolisista tuotannon epävarmuustekijöistä kuten sosiaalisista ja teknologisista muutoksista. Yrityksen on mahdollista päästä tähän esimerkiksi moduulisella tuote suunnittelulla (Koskela 1992).

Prosessin läpinäkyvyyden puuttuminen johtaa virhealttiuteen, vähentää virheiden näkyvyyttä sekä motivaatiota prosessin parantamiselle. Prosessin läpinäkyvyydellä on siis mahdollista saada prosessi hallintaan ja sillä mahdollistetaan prosessien kehittämistä virheiden havaitsemisen ja korjaamisen kautta (Koskela 1992).

Tuotantovirtauksen kontrolli voi jakautua kahdessa osassa tuotantoprosessia, kun virtaus siirtyy läpi organisaation eri hierarkia tason tai ylittää organisaatio rajapinnan. Kun tuotantovirtauksen kontrolli jakautuu, on vaarana prosessin alioptimointi. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi yhden komponentin kehittämisen parantamiseen sivuuttaen muutoksen vaikutukset muihin komponentteihin. Koskela (1992) mainitsee raportissaan yhden keinon kontrolloida prosessia paremmin olevan pitkäaikainen yhteistyö toimittajien ja toteuttaja organisaation kesken.

Tuotantoprosessien hukan vähentäminen ja asiakasarvon lisääminen on yrityksen sisäinen toistuva ja toiminto, jota tulee harjoittaa jatkuvasti. Tällaista pitkäaikavälin jatkuvaa toimintojen kehittämistä kutsutaan jatkuvaksi parantamiseksi (Kaizen). Tällä tarkoitetaan kaikkien tuotteen tekemiseen tarvittavien työ- ja materiaali panosten ja niihin liittyvien tekijöiden jatkuvaa kehittämistä. Filosofia pitää sisällään tarvikkeiden, metodien, materiaalien ja ihmisten kehittämistä. Jatkuvan parantamisen ydintarkoitus on Lean-menetelmän käyttöönnotolla saavutettava hukan vähentäminen oppimalla. (Berger 1997)

Viimeisenä tuotantoprosessia parantavana tekijä Koskelan (1992) mukaan on benchmarking. Benchmarking tarkoittaa oman toiminnan vertaamista toisten toimintaan, ja ottaen toisen hyväksi todettuja tapoja ja käytäntöjä mukaan omaan toimintaan. Tätä voidaan harjoittaa sekä sisäisesti että ulkoisesti. Ulkoinen benchmarking on kilpailijoiden ja teollisuuden tapojen ymmärtämistä ja vertailua, kun taas sisäinen pitää sisällään yrityksen esimerkiksi eri yksiköiden välisten hyväksi todettujen käytäntöjen tuomista osaksi koko yrityksen tuotantoprosessia.

3.2 Tuotteistaminen rakentamisessa

Koskelan (1992) tutkimuksen mukaan on yleisesti selvää, että rakennusprojekteissa esiintyy epävarmuutta, jotka eivät johdu vain tuotteista vaan myös prosesseista ja organisaatorakenteesta. Lukuisat rakennusprojektin suunnittelusta vastaavat osapuolet, tavarantoinnit, komponentit, jotka eivät sovi toisiinsa, muuttuvat lait ja säädökset sekä muuttuvat sääolosuhteet ovat muutamia epävarmuustekijöitä, jotka synnyttävät epätietoisuutta projektia kohtaan ja tätä kautta variaatiota eri projekteihin. Rakennusprojektien voidaan sanoa olevan hyvin kompleksisiä systeemejä ja tämä tekee tuotteistamisen ja vakion rakennusalalla esimerkiksi edellä mainittua autoteollisuutta haastavammaksi.

Valmis rakennus muodostuu yksittäisten rakennusosien yhteen liittämistä. Näiden osien tuotteistamisen tarkoitus riippuu siitä, onko tuotteistaminen sisäistä- vai ulkoista tuotteistamista. Sisäisellä tuotteistamisella tarkoitetaan rakennusyrityksen tuotteistamista, jossa tähtäimenä on tuotantokustannusten pienentäminen ja kehittämään laadullisia puutteita. Ulkoinen tuotteistaminen puolestaan on useimmiten massaräätälöintiä, jolla mahdollistetaan asiakkaalle erilaisia tuotevariaatioita näin parantaen asiakastytyväisyyttä (Helenius 2006).

Rakennusosien tuotteistamisessa avainroolissa on suunnittelu ja suunnittelunohjaus. Suunnittelun ohjauksen tehtävänä on viedä tieto suunnitteluvaiheessa määritettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi käytettävistä tuotteistetuista ratkaisuksista suunnittelijoille ja varmistaa että niitä käytetään. Riippuen hankkeesta normit ja kaavamääräykset voivat rajoittaa suunnitteluratkaisuja ja rakentamista (Hiltunen 2008).

Huolimatta suunnittelun ja suunnittelun ohjauksen avainasemasta rakennusosien tuotteistamisessa, myös muiden rakennushankkeen osapuolien tulee vaikuttaa tuotteistamiseen onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Eri osapuolten tehtäviä on havainnollistettu alla esitetyssä kuvassa 12.

OSAPUOLI	VASTUU TUOTTEISTAMISESSA
Suunnittelunohjaus	Viedä tieto käytettävistä tuotteistetuista rakennusosista suunnittelijoille ja valvoa, että niitä käytetään
Arkkitehtisuunnittelu	Tehdä suunnitelmat käyttäen tuotteistettuja ratkaisuja
Rakennesuunnittelu	Tehdä suunnitelmat käyttäen tuotteistettuja ratkaisuja
Kustannuslaskenta	Tuotteistamisaloitteet
Hankinta	Tuotteistamisaloitteet, kausisopimusten tekeminen, kausisopimustietojen vieminen eteenpäin
Tuotanto ja Vuosikorjaus	Palautteen antaminen

Kuva 12. Eriosaapuolten vastuut rakennushankkeen tuotteistamisprosessissa (Hiltunen 2008).

Arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden tulee tehdä suunnittelun ohjauksen ohjeiden mukaisesti tuotteistettuja ratkaisuja hyväksi käyttäen. Kustannuslaskennan ja hankinnan tulee jatkuvasti informoida suunnittelun ohjausta käytännön työssä havaituista tuotteistamisen kehitysehdotuksista. Hankinnan tulee myös tukea tuotteistamista hankinnoilla kuten mahdollisilla kausisopimuksilla. Tuotannon ja vuosikorjauksen tehtävänä puolestaan on antaa palautetta suunnitelluista ratkaisuksista, jotta näitä voidaan jatkojalostaa tulevilla hankkeilla vielä pidemmälle.

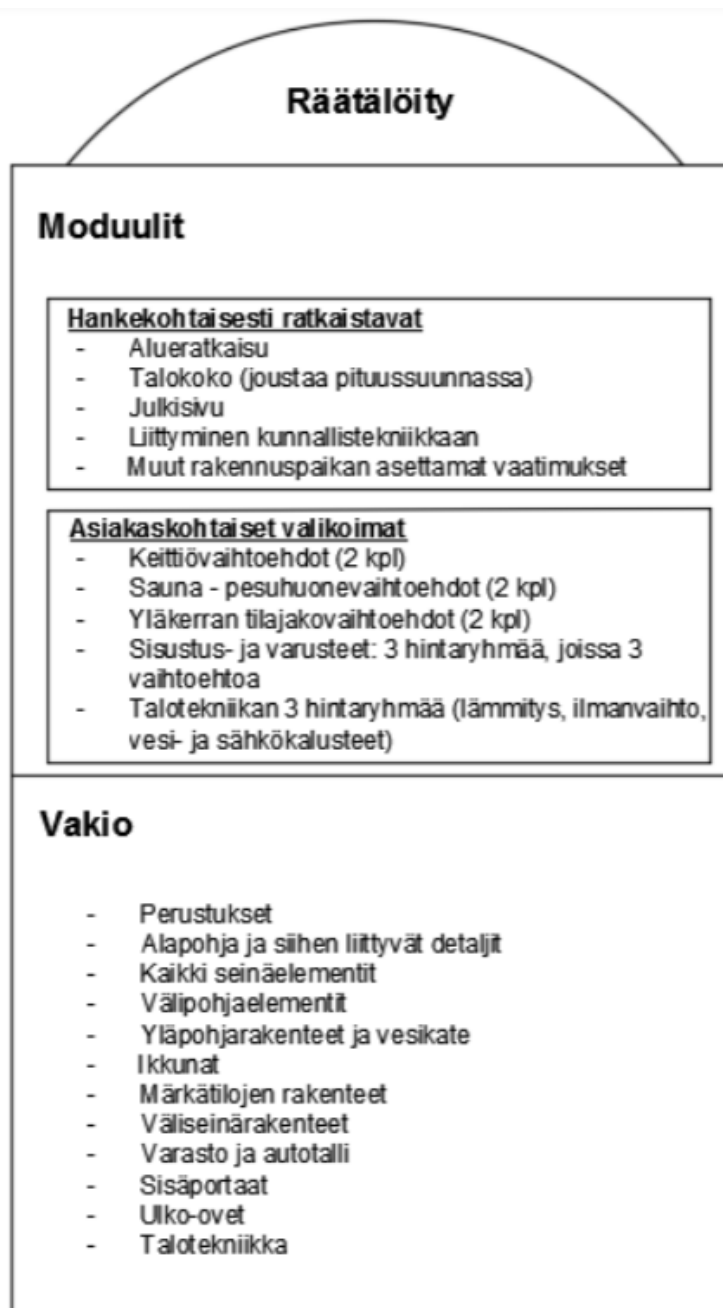
Rakennusosien tuotteistamisella saavutetaan monia hyötyjä niin suunnitteluprosessin, tuotannon kuin kustannuslaskennankin kannalta. Toistuvien, hyväksi todettujen ratkaisujen soveltaminen helpottaa suunnittelu- ja rakentamisprosessia sekä tätä kautta pienentää mahdollisten virheiden mahdollisuutta. Toistuvien ratkaisujen myötä myös kustannuslaskenta yksinkertaistuu ja tarkentuu sekä rakennusosien hankintakustannukset pienentyvät. (Hiltunen 2008). Näitä etuja on esitetty alla esitetyssä kuvassa 13.



Kuva 13. Rakennusosien tuotteistamisen edut (Hiltunen 2008).

Rakennusosien tuotteistamisen haasteita ovat. Oleellista tuotteistettujen ratkaisujen suunnittelussa on niiden keskinäisen toiminnallisuuden varmistaminen haittaamatta kohdekohtaisten yksilöllisten ratkaisujen suunnittelua. Hiltunen (Hiltunen 2008) nostaa omassa työssään esille tuoteperheiden suunnittelun merkityksen, joilla mahdollistetaan erilaisten suunnitteluvaihteluiden käyttö tietyiltä osin vaihtelevissa kohdekohtaisissa yksilöllisissä rakennekokonaisuuksissa. Tuotteistetut ratkaisukokonaisuudet eivät näin ollen saa olla myöskään liian suuria, jotta kohdekohtaisten yksilöllisten rakennekokonaisuuksien käyttö mahdollistetaan.

Malliesimerkki rakennusalan tuotteistamista kuvaavasta suunnittelukokonaisuuksista on Sato Oy:n rahoittama OMAKO-kehitysprojekti. OMAKO-malli kuvaa pientalon rakennuttamisen tuotteistamismahdollisuuksia aina kaavoituksesta muuttovaiheeseen ja on sovellettavissa myös kerrostalokohteisiin. Tutkimusprojektin tuloksena pientalon rakennuttamisen tuotteistamista kuvattiin sekä hanke- että asiakaskohtaisia moduuleja ja vakioituja rakennekokonaisuuksia sisältävällä, alla olevassa kuvassa 14 esitetyllä OMAKO-kakkumallilla.



Kuva 14. Omakotitalon vakionnin kakkumalli (Hiltunen 2008).

OMAKO-kakkumallin mukaan pientalon vakioitavia kokonaisuuksia ovat talotekniikka, ulko-ovet, sisäportaat, varasto ja autotalli, väliseinärakenteet, märkätilojenrakenteet, ikkunat, yläpohjarakenteet ja vesikate, välipohjaelementit, kaikki seinäelementit, alapohja ja siihen liittyvät detaljit sekä perustukset. Asiakaskohtaisia, asiakastyytyväisyyden mahdollistavia vaihtoehtoisia moduuleja ovat keittiövaihtoehdot, sauna- ja pesuhuonevaihtoehdot, tilajako-, sisustus-, varustelu- ja talotekniikkavaihtoehdot. Hankekohtaisesti ratkaistavia esimerkiksi asemakaavasta riippuvia moduuleja ovat alueratkaisu, talokoko, julkisivu, liittyminen kunnallistekniikkaan ja muut rakennuspaikan asettamat vaatimukset.

Seuraavassa luvussa tarkastellaan tarkemmin yläpuolella esitettyjä vakioituja ja hankekohtaisiakin kokonaisuuksia. Asiakaskohtaisten valikoimien tarkastelu jätetään pois tarkastelusta sillä se ei liity olennaisesti tämän työn selvitykseen.

3.2.1 Hankekohtaisesti ratkaistavat kokonaisuudet

SATO:n kakkumallin mukaan hankekohtaisesti ratkaistavia kokonaisuuksia rakennusprojektissa ovat alueratkaisu, talokoko, julkisivu, liittyminen kunnallistekniikkaan sekä muut rakennuspaikan asettamat vaatimukset. Oleellisen näitä kokonaisuuksia ohjaava tekijä on alueen tai tontin asemakaava. Asemakaavalla ohjataan alueen maankäyttöä ja rakentamista paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan ja muiden yhdessä sovittujen tavoitteiden edellyttämällä tavalla. Asemakaavassa osoitetaan asemakaava-alueen rajat, asemakaavaan sisältyvien eri alueiden rajat, ne yleiset tai yksityiset tarkoitukset joihin maa-alue on tarkoitettu käytettäväksi, rakentamisen määrä sekä rakennusten sijoitusta ja rakentamistapaa koskevat periaatteet.

Itse rakennuksen suunnittelun kannalta oleelliset tiedot asemakaavasta ovat juurikin rakentamisen määrä, rakennuksen sijoitus sekä rakentamistapaa koskevat periaatteet. Näitä tekijöitä ei voida vakioda samankaltaisiksi kohteesta toiseen ja niillä on suuria vaikutuksia kohteen suunnittelupäätöksiin ja tätä kautta hankintakustannuksiin. Alla Jari Pitkäsen (2009) Helsingin kaupungilla tekemä selvitys asunkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkeluja raportin oleellisimmista rakennuksen hankintakustannuksiin vaikuttavista tekijöistä ja hankintakustannuksien synnystä.

1. Kerrosluku
2. Asuntojen keskipinta-ala
3. Kerrostalotyyppi
4. Runkosyvyys
5. Julkisivumateriaali
6. Erkkerit
7. Kattotyyppi ja katemateriaali
8. Aukkaiden yhteistilat
9. Tekniset tilat
10. Jätehuone
11. Kaukolämpö
12. Liikennetilat
13. Maapohja
14. Autopaikoitus
15. Huoneisto- / talosaunat

Tämän työn kannalta oleelliset asiat ovat yllä olevan luettelon tekijät 1-6. Näitä otetaan yksityiskohtaisempaan tarkasteluun alla.

Asuin kerrostalon kerroslukumäärällä on suuria vaikutuksia tuotantokustannuksiin lakien ja määräyksien osalta. Kerrosluvun kasvu vaikuttaa rakennuksen rakennusosien määriin ja sitä kautta rakennuskustannusten muodostumiseen esimerkiksi seuraavilla tavoilla,

1. Tontilla suoritettavien maanrakennustöiden määrä vähenee
2. Tontin päällysteiden, esim. asfaltoinnin ja nurmen määrät kasvavat
3. Perustusten, alapohjan ja vesikattorakenteiden määrät vähenevät
4. Julkisivun määrä kasvaa
5. Porrashuoneiden ja hissien määrät vähenevät (Pitkänen, 2009).

Kivistö (1987) tarkentaa omassa tutkimuksessaan kerrosluvun lisäyksestä aiheutuvien kuormituksien ja julkisivumateriaalien synnyttämiä kustannuskasvuja merkittävämpi tekijä on kustannusten jakajan eli kerrosalan kasvun merkitys. Suuremmalla kerrosluvulla rakennuksen perustuskustannukset saadaan jaettua suuremmalle kerrosalalle.

Asuntojen keskipinta-alan kasvattamisella vähennetään suhteellisia rakennuskustannuksia kalliiden rakennusosien kuten märkätilojen määrien suhteellisella pienentymisellä asuinneliöitä kohden. Myös yhteis- ja liikennetilojen määrien lisääntyminen ja esimerkiksi parvekkeiden rakentamisesta aiheutuvat kustannukset, jotka rasittavat tyypillisesti pienempiä asuntoja isompia enemmän kasvattavat rakennuskustannuksia pieniä asuntoja omaavissa asuinrakennuksissa. Asuntojen keskikokoja kasvattaessa ja tätä kautta neliöhinnan alentumisen ohella tulee kuitenkin ottaa huomioon asukkaan maksettavaksi tuleva asunnon korkeampi kokonaishinta. Asuntojen keskikokoa ei siten ole usein mielekästä kasvattaa, mikäli asunnonostajien keskimääräinen varallisuustaso ei mahdollista neliöhinnaltaan halvemman mutta kokonaishinnaltaan kalliimman asunnon hankkimista (Pitkänen 2009).

Rakennuksen talotyyppillä on vaikutusta rakennuksen hankintahintaan. Kahden yleisimmän kerrostalotyyppin, lamellitalon ja pistetalon kustannuserot johtuvat monista tekijöistä, suurimpana kuitenkin useamman talon kustannushyppäys julkisivun määrissä. Muita tekijöitä ovat mm. lisääntyneet porrashuoneet ja tekniset tilat. Kaavamerkinnöillä ei suoraan määrätä rakennuksen talotyyppiä mutta tonttien ja niille osoitettujen rakennusalojen muodoilla ohjataan rakentamista niin että alueelle toteutetaan tietyn tyyppisiä rakennuksia (Pitkänen 2009).

Runkosyvyyttä ohjataan kaavassa rakennusalan koon avulla. Rakennuksen hankintahintaan runkosyvyys vaikuttaa ulkoseinä- perustus- ja räystäsrakenteiden suhteellisten määrien muutoksien osalta. Runkosyvyys voi vaikuttaa myös porrashuoneiden, hissien, ovien ja ikkunoiden määriin (Pitkänen 2009).

Asemaakaavassa voidaan myös määrätä rakennuksen julkisivutyyppi ja tällä on suuria vaikutuksia rakennuksen hankintahintaan, sillä rakennuksen ulkoseinien osuus on rakennushankkeen kallein yksittäinen rakennusosa. Yksittäisen kohteen julkisivukustannuksiin vaikuttaa myös useat muut tekijät kuten julkisivun aukotus ja ikkunamäärät.

Muurauksen ja julkisivuelementtien hintaan puolestaan vaikuttavat yleisten valmistuskustannusten lisäksi useat muut työmaasta riippuvat tekijät kuten tarvittava nostokalusto (Pitkänen 2009).

Erkkerit ovat rakennuksen nelikulmaisesta perusmuodosta poikkeavia osia. Näistä koituvat kustannusvaikutukset kohdistuvat rakennuksien ulkoseinä pinta-alan kasvuun, yläpohja-, välipohja-, katto- ja räystäsrakenteisiin sekä ikkunoiden ja LVIS tekniikan määrän (Koskenvesa 2011). Pitkänen (2009) arvioi jokaisen ylimääräisen kulman kustannusvaikutuksen 2000 € suuruiseksi.

3.2.2 Vakioitavat kokonaisuudet

Edellä läpi käytiin SATO:n kakkumallin mukaisia hankekohtaisesti ratkaistavia kokonaisuuksia kerrostalotuotannossa. Työn vakiointi ja kehitystarpeet osiossa pohditaan vakioitavia kokonaisuuksia tämän työn pilottikohteen suunnitteluratkaisuissa. SATO:n kakkumallin mukaan pientalon rakennushankkeen vakioitavia kokonaisuuksia ovat:

1. perustukset
2. alapohja ja siihen liittyvät detaljit
3. kaikki seinäelementit
4. välipohjaelementit
5. yläpohjarakenteet ja vesikate
6. ikkunat
7. märkätilojen rakenteet
8. väliseinärakenteet
9. Varasto ja autotalli
10. Sisäportaati
11. Ulko-ovet
12. Talotekniikka

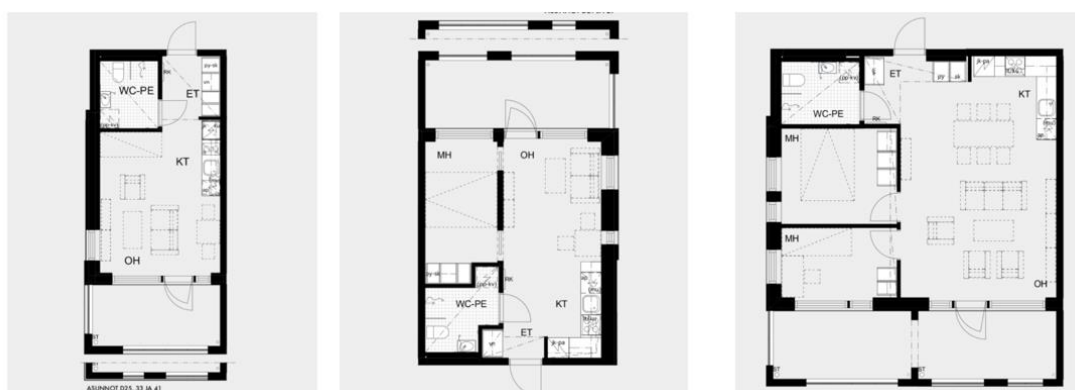
Tämän työn seuraavassa luvussa tutkitaan pääosin yllä esitetyn listan kohtien 2-4 vakiointi mahdollisuuksia kohdeyrityksen kerrostalotuotannossa. Kuten edellä läpikäydyistä hankekohtaisesti ratkaistavista kokonaisuuksista huomattiin, on kaavamääräyksillä vaikutusta myös näihin tekijöihin.

4. KOHDE YRITYS JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Kohdeyritys

Työn kohdeyrityksenä on vuonna 2011 toimintansa aloittanut rakennusliike T2H Rakennus Oy, jonka erikoisalana on asunto-osakeyhtiöiden perustajaurakointi. Yrityksen tuotantoon kuuluu sekä kerrostalo- että rivitalokohteita ja toiminta-alueina ovat pääkaupunkiseutu ja Pirkanmaa. Yrityksen henkilöstöön kuuluu rakennusalan työnjohton ammattilaisia eri korkeakouluasteilta, minkä lisäksi siihen kuuluu laki- tai kauppa-alan korkeakoulutuksen saaneita toimihenkilöitä. Perustajaurakoitsijana kohdeyritys hankkii rakennustontit, perustaa asunto-osakeyhtiön ja organisoii kohteen suunnittelun ja rakentamisen alusta loppuun asti. Suunnittelutyö on ulkoistettu suunnittelutoimistoille ja rakentamistyö aliurakoitsijoille. Työmaalla työnjohtovelvollisuus on kohdeyrityksellä. Yhden työmaan työmaatehtävissä toimii tyypillisesti vastaava työnjohtaja sekä työmaamestareita, joiden määrä riippuu kohteen laajuudesta.

Kulmakiviä yrityksen asuntotuotannossa ovat vakioidut rakentamisratkaisut sekä laadukkaasti rakennetut lopputuotteet. Asuntojen tuotantomäärä lasketaan vuosittain jo saadoissa. Kohdeyrityksen tuotantoon kuuluvat sekä kerrostalo- että rivitalokohteet. Asunnot luovutetaan asunnon ostajille avaimet käteen – periaatteella, jolloin asunnossa on kaikki valmiina asumista varten. Kuvassa 15 on esitetty tyypilliset esimerkit yrityksen yksiö-, kaksi- ja kolmio kerrostaloasunnoista.

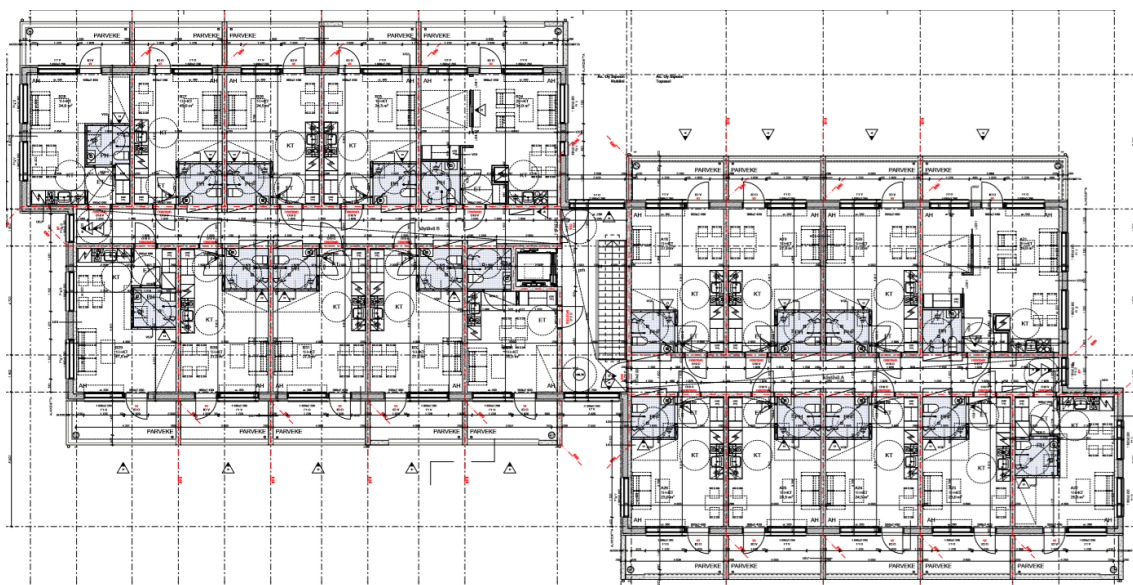


Kuva 15: Tyypilliset asuntopohjat kohdeyrityksen yksiö-, kaksio- ja kolmiohuoneistoista.

Yläpuolella esitettyjen tyypillisten kohdeyrityksen asuinhuoneistojen suunnittelua ohjaa ajatus tehdä asunnoista valoisia, tilatehokkaita koteja varallisuustasoltaan kaikille sopiviksi. Lähtökohtana asuntojen suunnittelulle on asiakastarvelähtöinen suunnittelu pysy-

vien rakenneratkaisujen osalta, joihin asukas ei itse asunnon oston jälkeen pysty vaikuttamaan. Näitä ratkaisuja ovat suuret parvekkeet ja ikkunat sekä asuinneliöiden maksimointi olohuoneessa ja toisaalta minimointi makuuhuoneissa.

Kohdeyrityksen tyypilliset kerrostalokohteet ovat 4-8 kerroksisia pistekerrostaloja. Useimmissa kohteissa kohdeyrityksen kerrostalokohteet muodostuvat kahdesta taloyhtiöstä, joilla on yhteinen porrashuone. Alapohjatyypinä käytetään joko tuulettuvaa alapohjaa tai kellarillisissa kerrostaloissa mahdollisuuksien mukaan maanvaraista perustamista. Ohjesääntönä yrityksen tuotannossa ja kohteiden alapohjasuunnittelussa voidaan pitää maanvaraisen lattian käytön välttämistä suoraan asuntojen alapuolella. Alla kuvassa 16 esitettynä tyypillinen pohjapiirustus kohdeyrityksen kerrostalokohteesta.



Kuva 16. Tyypillinen kohdeyrityksen kerrostalokohteen kerroksen pohjapiirustus.

Runkoratkaisuna käytännössä kaikissa yrityksen kerrostalokohteissa toimii kantavat väliseinät-laatat, jossa välipohjalaatasto tukeutuu kantavien väliseinien ja ulkoseinien varaan. Välipohjien suuntaiset julkisivut ovat kantavia ja välipohjan poikkisuuntaiset julkisivut ei kantavia. Ei-kantavilla seinille sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman suuri, vähintään koko asunnon leveyden pituinen parveke. Parvekkeet näillä sivuilla tukeutuvat valtaosin perustuksista lähteviin itsekantaviin parveketorneihin, jotka sidotaan välipohjiin parvekesaranoiden avulla. Parveketornien kantavina rakennusosina toimivat joko parvekepilaret tai -pielet riippuen kohteen arkkitehtonisesta suunnittelusta.

Välipohjat toteutetaan 370mm ontelolaattana, jonka päälle työstetään sisätyövaiheessa lattialämpörakenne. Kylpyhuoneiden kohdalla ontelolaatat kolotaan 200mm tai käytetään koko eteisen matkalla 200mm ontelolaattaa. Porrashuoneet ja käytävät toteutetaan 260-280mm paksuina massiivilaattoina.

4.2 Tutkimusmenetelmä ja tiedonkeruu

Tutkimus koostuu kahdesta osiosta, kirjallisuusselvityksestä ja kysely sekä haastattelututkimuksesta. Kirjallisuusselvityksen tarkoituksena oli saada tutkijalle teoreettinen ymmärrys rakennushankkeen vaiheista ja kulusta sekä kunkin vaiheen oleellisimmista suunnittelun ohjauksiin liittyvistä asioista. Kirjallisuusselvityksessä tarkempaan tarkasteluun otettiin myös hankekohtaisesti ratkaistavat asuinkerrostalon tyyppikokonaisuudet. Kysely- ja haastatteluosuuden tarkoituksena oli löytää kohdeyrityksen asuin kerrostalojen toteutuksessa vastaan tulleita ongelmakohtia ja vaikeasti toteutettavia ratkaisuja.

Kirjallisuustutkimuksen, kyselyn ja haastatteluiden lisäksi tutkija toimi työnjohtajana eräässä kohdeyrityksen kerrostalo projektissa päästen näin havainnoimaan kohdeyrityksen tämän hetkisiä asuin kerrostalo rakennuksen toteutusratkaisuja. Tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa tutkija osallistui uuden asuinkerrostalo projektin lupavaiheen jälkeiseen suunnittelun ohjaukseen. Tämän työn tulokset on viety tämän uuden kohteen suunnitelmiin siinä määrin, kun se on ollut mahdollista.

4.2.1 Tutkimusmenetelmän valinta

Tässä tutkimuksessa tutkimusstrategiana käytetään tapaustutkimusta. Tutkimusmenetelmiä ovat internet-pohjainen lomakekysely, yksilölliset kohdehaastattelut sekä oma havainnointi.

Internet-pohjaisen lomakekyselyn tarkoituksena on saada laaja kuva kohdeyrityksen nykyisessä tuotannossa esiintyvistä ongelmallisista ratkaisuista. Lomakekyselyn tuloksia käytettiin pohjana haastattelututkimuksessa.

Haastattelututkimuksen tarkoituksena oli mennä pintaa syvemmälle kyselytutkimuksissa esille nousseisiin ongelmiin aiheisiin liittyvän vapaan keskustelun avulla. Haastatteluissa kysyttiin haastateltavan mielipideitä ongelmien välittömistä ja juurisyistä sekä pohdittiin korvaavalta ratkaisulta vaadittavia ominaisuuksia.

4.2.2 Kyselytutkimus

Kyselytutkimus toteutettiin kohdeyrityksen työmaa- ja projektinjohtohenkilöstölle suunnattuna internet-pohjaisena lomakekyselynä. Kyselyn tarkoituksena oli saada mahdollisimman laaja kuva kohdeyrityksen kerrostalokohteiden betonirakenteiden nykyisistä ongelmista.

Kysely lähetettiin kaikille kohdeyrityksen nykyisten kerrostalotyömaiden työmaaahenkilöstölle sekä kyseisten kohteiden projektipäälliköille. Yhteensä kysely lähetettiin 23 henkilölle, joiden joukossa oli työnjohtajia, vastaavia mestareita, projekti-insinöörejä, pro-

jektipäälliköitä sekä yksi yrityksen omistajista. Yhteensä vastauksia saatiin 11 kpl eli kyselyn vastausprosentti muotoutui luokkaan 48%. Vastausprosentti on melko hyvä ottaen huomioon, että kysely lähetettiin kaikille kerrostalokohteiden työntekijöille ja joukossa oli myös paljon työnjohtajia, joilla ei vielä välttämättä ole näkemystä kyselyä koskevista teemoista. Vastauksia saatiin yhteensä 21:ltä jo valmistuneelta tai tuotannossa olevasta kohteesta.

Kysely koostui viidestä laajasta ja yksinkertaisesta kysymyksestä koskien työmaiden betonirakenteita suunnittelun ja toteutuksen osalta. Kysymykset olivat seuraavat:

1. Ylimääräistä työtä työmailla aiheuttaneet suunnitteluratkaisut?
2. Vaikeasti toteutettavat tai loppulaadultaan tyydyttämättömät detaljit?
3. Työmaalla elementteihin tehdyt korjaukset elementtitoimittajan puolesta?
4. Työmaalla elementteihin tehdyt korjaukset tilaajan puolesta?
5. Ideoita betonielementtien esivalmistusasteen parantamiseksi?

Kyselyn vastauksista saatiin oleellista lisätietoa kohdeyrityksen nykyisen rakennesuunnittelun ongelmakohdista. Toteutetun kyselyn avulla tunnistettiin sekä koko yrityksen kerrostalotuotannossa esiintyneitä ongelmallisia suunnitteluratkaisuja, kuin myös kohde- tai rakennesuunnittelija kohtaisia epäkäytännöllisiä tai ongelmallisia suunnitteluratkaisuja jotka ovat vakioitavissa yrityksen tuotantoon sopiviksi ratkaisuksi. Ongelmallisia suunnitteluratkaisuja havaittiin erityisesti rakennusosien liittymisissä toisiinsa sekä varustelussa.

Liitteessä 1 esitetty kyselyyn osallistuneiden henkilöiden vastaukset kysymyksiin. Vastauksia on käytetty työn pilottikohteen rakennussuunnittelu vaiheessa yhtenä suunnittelunohjauksen työkaluna.

4.2.3 Teemahaastattelut

Kyselytutkimuksen jälkeen yrityksen kehitystarpeiden kartoitusta jatkettiin henkilökohtaisilla teemahaastatteluilla. Haastatteluiden tarkoituksena oli saada syvempi kuva ongelmista sekä toisaalta kartoittaa myös kohteiden hyviä suunnitteluratkaisuja. Yksi tavoitteista oli löytää hyväksi todettuja suunnitteluratkaisuja, joita voitaisiin jalkauttaa yrityksen kohteiden vakioituun suunnitteluun sellaisenaan. Haastateltaviksi valittiin myös betonielementtien hankintavastaavia saadaksemme selville mitkä ovat elementtihankinnan ongelmakohtia.

Haastatteluja toteutettiin 5 kappaletta. Haastateltavat henkilöt olivat vastaavia mestareita ja projektipäälliköitä, joilla on paras näkemys kohteiden betonirakenteiden ongelmista ja hyvistä ratkaisuista. Kysely toteutettiin vapaana haastatteluna, jossa pureuduttiin tarkemmin haastateltavan henkilön havaitsemiin hyviin ja huonoihin suunnitteluratkaisuihin

kohdeyrityksen kohteissa. Haastatteluiden tarkoituksena oli syvennyttää tutkijan käsitystä jo kyselyvaiheessa todennettuihin ongelmiin. Hyväksi todetut suunnitteluratkaisut koottiin työn vakiointi ratkaisuja ohjaavaksi ohjeistukseksi.

4.2.4 Havainnointi

Tutkijan oma havainnointi perustuu tutkijan omiin kokemuksiin kohdeyrityksen jo luovutettujen kohteiden rakennusvaiheista. Kohteet olivat tyypillistä kohdeyrityksen kerrostalo tuotantoa, yhdessä rakennuksessa sijaitsevat 8- ja 9-kerroksiset asuin kerrostaloyhtiöt, joissa on yhteensä 115 asuntoa sekä 5-6 kerroksiset yhtiöt, joissa on yhteensä 81 asuntoa. Lisäksi tutkija on perehtynyt kohdeyrityksen muiden kohteiden piirustuksiin yrityksen yhteisen projektipankin kautta.

Tutkijan omakohtainen havainnointi on auttanut työn toteutuksessa tunnistamaan erilaisen rakenneratkaisujen hyviä ja huonoja puolia niin tuotannon kuin hankinnan osalta. Lisäksi havainnoinnin seurauksena löydettiin kyselytutkimuksen tuloksista puuttuneita ongelmallisia suunnitteluratkaisuja, joita on myös pyritty ratkaisemaan tässä työssä.

Yhdessä kohdeyrityksen henkilöstölle suunnatulla kyselyllä, haastatteluilla ja tutkijan omalla havainnoinnilla, luotiin pilottikohteeseen piirustukset, joissa on pyritty ottamaan huomioon kaikki kyselyissä ja haastatteluissa esille nousseet ongelmat. Kuitenkin johtuen tämän tutkimuksen suorituksen ajankohdan viivästymisestä, kaikkia tutkimuksen tuloksia ei saatu hyödynnettyä kyseisessä kohteessa vaan tuloksia tarkennettiin kohteen valmistuksen edetessä.

5. VAKIOINNIN NYKYTILA JA KEHITTÄMISTARPEET

5.1 Pilottikohde

Tämän työn pilottikohteena on toiminut alla olevassa kuvassa 17, vuoden 2019 aikana aloitettu 8-kerroksinen asuinkerrostalo kohde. Työssä selvitettyjä nykyisiä kohdeyrityksen asuinkerrostalotuotannon ongelmakohtia on pyritty ratkaisemaan tämän kohteen suunnitteluprosessissa. Alla kohteen markkinointikuvat havainnollistamaan pilottikohdetta.



Kuva 17. Pilottikohdetta havainnollistavat markkinointikuvat.

Pilottikohteen hankekohtaisesti ratkaistavia kokonaisuuksia on ohjannut rakennuspaikan asemakaava. Asemakaavan oleelliset määräykset rakennuksen runko ja vaipparakenteiden osalta ovat olleet seuraavat:

- Suurin sallittu kerrosluku: 8
- Rakennusoikeus kerrosalaneliömetreinä: 3000m²
- Alimman kerroksen käyttö asukkaiden yhteistiloihin ilmoitetun kerrosalan lisäksi: 400m²
- Ilmanvaihtokonehuoneen saa rakentaa asemakaavakarttaan merkityn rakennusoikeuden lisäksi.
- Porrashuoneiden 15m² ylittävä osa on sallittua rakentaa kussakin kerroksessa asemakaavakarttaan merkityn rakennusoikeuden lisäksi
- Rakennuksen kattomuoto on tasakatto

- Julkisivun päämateriaali on paikalla muurattu punasävyinen tiiliverhous.
- Kahta ylintä kerrosta on korostettava alemmista kerroksista erottavalla julkisivujen värivalinnalla.
- Kahden ylimmän kerroksen on vähintään kahdella rakennuksen sivulla oltava julkisivulinjasta vähintään kaksi metriä sisäänvedetty.

Kyselyn, haastatteluiden ja tutkijan oman kokemuksen perusteella voidaan todeta, että erityisesti kohdeyrityksen projektinjohto tunnistaa ja tietää nykyisten asuinkerrostalojen runkorakenteiden ongelmakohdat. Tästä huolimatta kaikki tieto ei välttämättä kulje projektinjohtolta projektin suunnittelua ohjaavalle henkilölle. Erityisesti mikäli projektin suunnittelua ohjaava henkilö ei ole vielä kerennyt hankkimaan kokemusta kohdeyrityksen asuinkerrostalotuotannon toteutuksesta. Lisäksi haastetta tuo arkkitehti- ja rakennesuunnittelutoimistojen jatkuva kilpailuttaminen ja uusien suunnittelijoiden valinta moniin uusiin kohteisiin. Tästä syystä on ensiarvoisen tärkeää luoda suunnitteluohjeet suunnittelijoille sekä suunnittelun ohjaus ohjeet kohdeyrityksen suunnittelua ohjaaville henkilöille.

5.2 Hankekohtaisten kokonaisuuksien vaikutus

Hankekohtaisten kokonaisuuksien vaikutusta asuinkerrostalokohteen kustannuksiin pui-tiinkin jo työn edellisessä vaiheessa. Tässä kappaleessa tarkastellaan kyselyjen, haastatteluiden sekä jo toteutettujen kohteiden dokumentaatioiden vertailulla löydettyjä, vaikeaksi tai kalliiksi koettuja suunnitteluratkaisuja joihin kohdeyrityksen kerrostalotuotannossa tulee kiinnittää jatkossa huomiota.

Kerroslukumäärä vaikuttaa suoraan myös itse rakentamisen kustannuksiin, näistä koituvat lisäkustannukset eivät kuitenkaan ole niin merkittäviä hyvällä suunnittelulla. Rakentamisen kannalta kustannukset rajoittuvat lähinnä korkealla työskentelyn tuottamiin kustannuksiin nostokaluston ja siirtokoneiden osalta.

Yksi lisäkustannuksia ja erityisesti asennuksen kannalta vaikeaksi mielletävä osa kohdeyrityksen tuotantoa on ollut käytävien päätyjen ja pääsisäänkäynnin päällä sijaitsevat metalli-lasiseinämät. Metallilasiseinämien liittymät ovat monilla työmailla tuottaneet ylimääristä päänsaivaa. Tästä syystä käytävien päädyt ja pääsisäänkäynnin yläpuolisen porrashuoneen metallilasiseinä tulisi korvata betonielementeillä tuotannon yksinkertaistamiseksi ja kustannusten minimoimiseksi. Näiden betonielementtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon elementtien ikkuna-aukkojen viereisten piilien minimikoot. Ikkuna-aukon koko tulee maksimoida niin että aukon molemmille puolille jää vähintään 150mm betonipieltä, kantavuuden varmistamiseksi.

Sama asia tulee ottaa huomioon asuntojen hormien sijoittelussa. Jotta käytävällä sijaitsevien hormien väliin voidaan suunnitella toteutettavissa olevia väliseiniä ja välttytään ylimäärisiltä paikallavaluilla, tulee jokaisen oviaukon molemmille puolille varata tilaa vä-

hintaan 150mm kyseiselle väliseinäelementille. Mikäli käytävän hormijaottelu on mahdollista saada toteutumaan kyseisellä tavalla, on mahdollista suunnitella ns. ”kirves” väliseinä, jolla on toispuolista pieltä vähintään 1000mm. Kyseisen elementin kuljetuksen aikainen tuenta tulee kuitenkin ottaa huomioon.

5.3 Betonielementit

Betonielementit ovat suurin yksittäinen kustannustekijä kerrostalohankkeen rakentamisvaiheessa. Tästä syystä elementtien kustannustehokas ja esivalmistusasteen nostoon tähtäävä suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää koko rakennusprojektin kannattavuuden kannalta (Olenius 2007). Betonielementtien kustannuksiin vaikuttaa seuraavat tekijät:

- Kuljetusmatkat
- Elementtimäärä
- Aukkojen ja kääntyvien kulmien määrä
- Pintamateriaalit
- Varustelu

Työmaalla puolestaan elementtien liittyminen toisiinsa ja elementteihin liittyvät muut täydentävät rakennusosat aiheuttavat merkittäviä kustannuksia, mikäli näiden liitoksissa tai liittymisissä ilmenee ongelmia. Erityisesti elementtien detaljisuunnittelussa onkin ensiarvoisen tärkeää ottaa huomioon niihin liittyvät muut rakennuksen osat ja varustelu.

Tämän kohteen betonielementtityypit esitetty alla olevassa taulukossa 1. Listan lisäksi asuntojen sekä asuntojen ja yläpohjien väliset välipohjat koostuvat ontelolaatoista.

Taulukko 1. Pilottikohteessa esiintyvät elementtityypit.

Elementtityyppi	Selitys
MP	Maanpaineiseinäelementti
L	Kerrostasolaattaelementti
CL	Parvekelaattaelementti
CP	Parvekkeen pilarielementti
M	Parvekkeen väliseinäelementti/Parvekepieli
V	Väliseinäelementti
SK	Kantava sisäkuorielementti
S	Kantava sandwichelementti
SKR	Kantava ulkoseinäelementti, rapattu
R	Ei-kantava sandwichelementti
RKR	Ei-kantava ulkoseinäelementti, rapattu

Yllä esitetyt elementtityypit edustavat erinomaisesti työn kohdeyrityksen kerrostalotuoannossa esiintyviä elementtityyppejä. Kohteen elementeistä laadittiin tyyppielementit, joissa on otettu tämän tutkimuksen kysely- ja haastatteluosiossa selvinneet elementtien

ongelmakohdat. Tyyppelementit esitetty kohdeyritykselle annettavassa suunnitteluohjeessa. Seuraavissa alakappaleissa käydään läpi kunkin elementtityypin suunnittelussa huomioon otettavia asioita ja esitellään kyselyiden sekä haastatteluiden pohjalta tunnistettuja ongelmia elementtien nykytuotannossa.

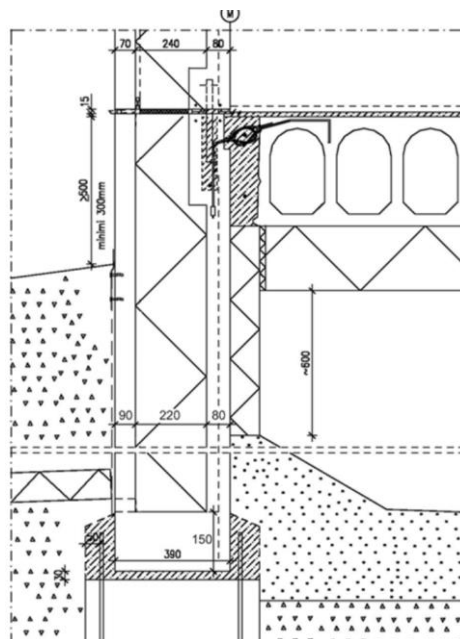
5.3.1 Sokkelielementit

Tuulettuvassa alapohjassa esiintyviä elementtityyppejä ovat kantavat- ja ei kantavat sokkelielementit (AS ja AR) sekä sokkelipalkit (AK). Sokkelielementtien suunnitteluun vaikuttavat kokonaisuudet ovat yläpuolinen seinä- ja alapohjarakenne. Elementit tulee pyrkiä suunnittelemaan siten että niiden lähtökorko asemana toimii anturan yläpinnan taso. Sisä- ja ulkokuorien paksuudet ja raudoitukset sekä käytetty lämmöneriste valitaan yläpuolisten rakenteiden mukaan siten että riittävä lujuus, lämmöneristys ja toimivat rakennedetailit saavutetaan (Runkorakenteet 2010).

Sisäkuoren suunniteltavaan paksuuteen vaikuttaa yläpuolinen seinärakenne ja kuormat. Suosituspaksuuksina käytetään 80-180mm rakennepaksuuksia. Ulkokuoren paksuudet puolestaan valitaan yläpuolisen rakenteen sekä pintamateriaalin mukaan. Suositeltavat paksuudet ovat 90mm ja 150mm. Sisäkuoren paksuutta säätelemällä sokkelielementin kokonaispaksuus saadaan yläpuoliseen rakenteeseen sopivaksi. Lähtökohtaisesti sokkelin ja seinäelementin sisäpinnat pyritään pitämään samassa tasossa (Runkorakenteet 2010).

Kantavan sokkelielementin (AS) sisäkuoren raudoitus suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Tyypillisesti kantavien sokkelielementtien sisäkuoret suunnitellaan palkkiraudoituksena eli pieliteräksillä ja haoilla. Ei-kantavan sokkelielementin (AR) suositeltava raudoitus sisäkuoreissa on elementin pituudesta riippuva, tyypillinen raudoitus alle 5000mm pitkällä ei kantavalla sokkelielementillä on T8 pieliteräs ja keskeinen 5-150 B500K verkko. Ulkokuoren raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti ulkokuoren paksuuden ja rasisolosuhteiden mukaan raudoituksen suojaetäisyydet huomioon ottaen. Käytettäessä väh. 90mm paksua ei-kantavaa ulkokuorta, suositeltavana raudoituksena käytetään keskeistä verkkoa 5-150 B500K ja pieliraudoitus T8 A500HW. Alle 90mm paksuisissa ulkokuorissa tulee käyttää RST raudoitusta (Runkorakenteet 2010).

Sandwich sokkelielementin oikeanlaisen kosteusteknisen toiminnan takaamiseksi, elementin lämmöneristeen alareunaan tulee suunnitella vedenpoisto. Vedenpoisto voidaan toteuttaa joko halkaisijaltaan n. 20mm vedenpoistoputkilla tai valukatkoilla. Vedenpoistoputkien tai katkojen etäisyys tulee suunnitella tapauskohtaisesti, normaalina välinä pidetään 1500mm. Sokkelielementti sidotaan alapuoliseen anturarakenteeseen juurivalun ja anturaan asennettavien juuritappien avulla. Kuvassa 18 esitetty tyypillinen ei-kantavan sokkelielementin leikkaus vedenpoistoputkineen ja juurivaluineen.



Kuva 18. Ei-kantavan sokkelielementin leikkaus juurivaluineen ja vedenpoistoaukkoineen.

Sokkelielementtien suosittelevana maksimipituutena voidaan pitää betonipintaisilla elementeillä 9m. Valmistajakohtaisesti myös pidemmät elementit voivat olla mahdollisia, nämä täytyy aina suunnitella tapauskohtaisesti (Runkorakenteet 2010).

Alapohjapalkkielementit (AK) ovat yleisesti suorakaidepalkiksi raudoitettuja elementtejä, joita käytetään tuulettuvissa kantavissa alapohjissa rakennuksen keskialueille, ylempien kerroksien väliseinäelementtien alapuolella. Palkin mittojen valintaan vaikuttavat alapohjan kuormitus sekä yläpuolisten rakenteiden tukipintojen vaatimukset. Tyypillisesti alapohjapalkkielementit suunnitellaan samaan paksuuteen yläpuolisten seinärakenteiden mukaan, asuinkerrostalokohteissa tyypillinen paksuus on 200mm (Runkorakenteet 2010).

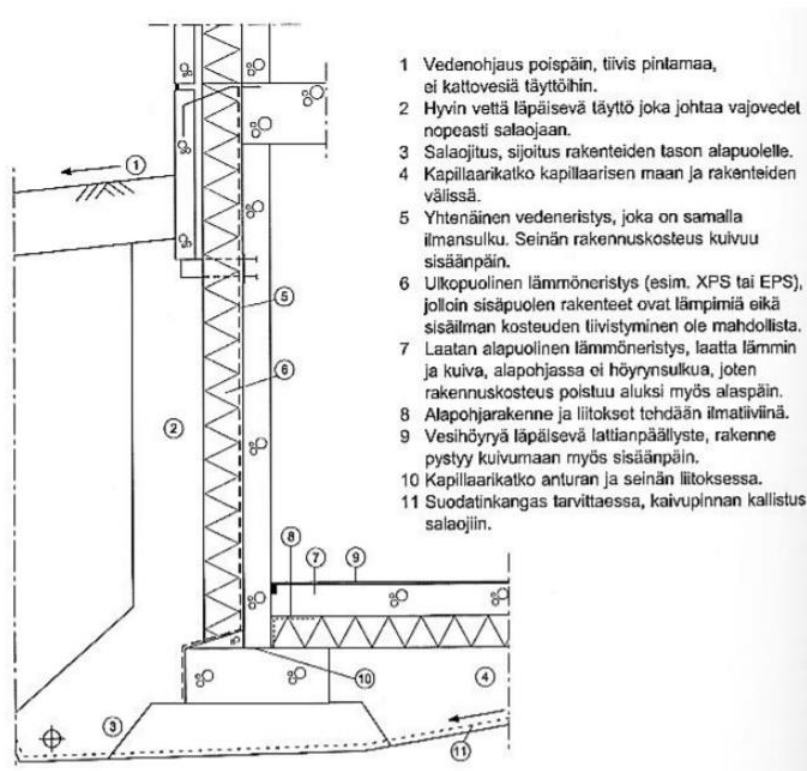
Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn lomakekyselyn, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden kautta tunnistettiin seuraavia ongelmia näiden elementtien suunnittelussa ja käyttämisessä kohdeyrityksen tuotannossa,

- AR- tai AS-elementtien päälle tulevien asuntojen ovien/ikkunoiden liitántä
- Alapohjan ontelokentän putoamissuojaus onteloasennuksien jälkeen
- Sokkelin ulkokuoren viisteet
- Päälle tulevien seinärakenteiden detaljiikan huomioiminen sokkelielementtien suunnittelussa

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 15 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. AR-, AS- ja AK-elementtien vertailut esitetty liitteissä 2-4.

5.3.2 Maanpaine- ja kuorielementit

Kellarillisissa rakennuksissa tai rakennuksen osissa seinä täytyy mitoittaa maanpaineelle suurista rakennuksen seinien vastaisten täyttöjen aiheuttamasta vaakapaineesta johtuen. Näitä seinärakenteita voidaan toteuttaa joko yhdistelmärakenteina tai sandwichelementteinä. Kellarillisissa rakennuksissa yhdistelmärakenteinen maanpaineeseinä muodostuu itse kantavasta maanpaineeseinästä, vedeneristyksestä, eristeestä ja kuorielementistä. Toisena vaihtoehtona toimiva sandwich elementti vastaa normaalia ulkoseinäsandwich elementtiä sillä erotuksella, että kellarin maanpaine sandwich elementti mitoitetaan maanpaineen vaikutukselle. Kellarin seinärakenteita on toteutettu kosteusteknisesti eri tavoilla vuosien saatossa mutta Rakennus insinööriliiton ohjeistuksen (RIL 255-1-2014) mukaan toimivin maanvastaisen seinän rakenneratkaisu on alla olevassa kuvassa 19 esitetty käännetty rakenne. Tässä rakenteessa vedeneristys on kantavan seinän ulkopinnassa ja kosteutta kestävä solumuovilämmöneriste kantavan seinän ja vedeneristyksen ulkopuolella. Tällä ratkaisulla vedeneristys saadaan asennettua seinärakenteen lämpimään pintaan niin että se estää kosteuden tiivistymisen rakenteeseen mutta kuivumisen sisäänpäin. Oleellista on myös kiinnittää huomiota maanvastaisen seinän näkyvään osaan. Tämä osa tulee toteuttaa niin tiiviiksi, että sadevesi ei pääse imeytymään seinärakenteeseen.



Kuva 19. RIL mukainen suositeltava kellarin seinärakenne (RIL 255-1-2014).

Kellarin seinien rakenteellinen toiminta ja toteutus ovat hyvin samankaltaista kuin väli-seinillä, sillä erotuksella, että maanpaine kuormitus aiheuttaa seinälle myös taivutusrasia-

tuksen. Maanpaineiseinäelementin tapauksessa betonin puristuksella otetaan vastaan yläpuolisten rakenteiden ja seinän oman painon kuormitus. Seinän pintoihin tulevilla raudoitusteräksillä otetaan vastaan maanpaineen ja epäkeskisyyden aiheuttama elementtiä täyttävä kuormitus. Maanpaineiseinien pystysaumaa ei ole kuitenkaan suositeltavaa toteuttaa väliseinissä tyypillisesti käytettävän vaijerilenkki saumateräs toteutuksella. Vaijerilenkkipuolvalmistajat eivät ota kantaa vaijerilenkkien kestävyysasteen maanpaineiseinien sauman poikittaissuunnassa, joten niiden käyttö ei ole suositeltua. Tästä syystä maanpaineiseinien pystysuuntainen sidonta on suositeltavaa tehdä irtolokennin tai työsaumaraudoittein (Vaijerilenkkiohje 2012).

Yläpuolisen seinän paksuuden mukaan valittavan lämmöneristekerroksen päälle asennettava kuorielementti pyritään suunnittelemaan tukeutumaan kellarin seinäelementteihin hitsattaviin tai elementin tekovaiheessa asennettuihin RST putkiin tai T-teräsprofiileihin. Kannakkeiden käyttö mahdollistaa ohuemman ja neliömääräisesti alhaisemman ulkokuoren käytön, kun ulkokuorta ei tarvitse viedä alas perustuksiin asti. Kuorielementin korkeus määräytyy maanpinnan korkeuden ja rakennuksen alimmaisen näkyvän vaakasauman mukaan. Alareuna tulee pyrkiä sijoittamaan vähintään 300mm maanpinnan alapuolelle. Havainnollistava kuva tästä rakenteesta esitetty yllä olevassa kuvassa 22. Sokkelin kuorielementin paksuus riippuu kuorielementin pituudesta. Maksimipituudeksi suositellaan 6m. Minimipaksuutena suositellaan 90mm. Kuoren rauditus suunnitellaan tapauskohtaisesti (Runkorakenteet 2010).

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn lomakehaastattelun, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden kautta tunnistettiin seuraavia ongelmia näiden elementtien suunnittelussa ja käyttämisessä kohdeyrityksen tuotannossa,

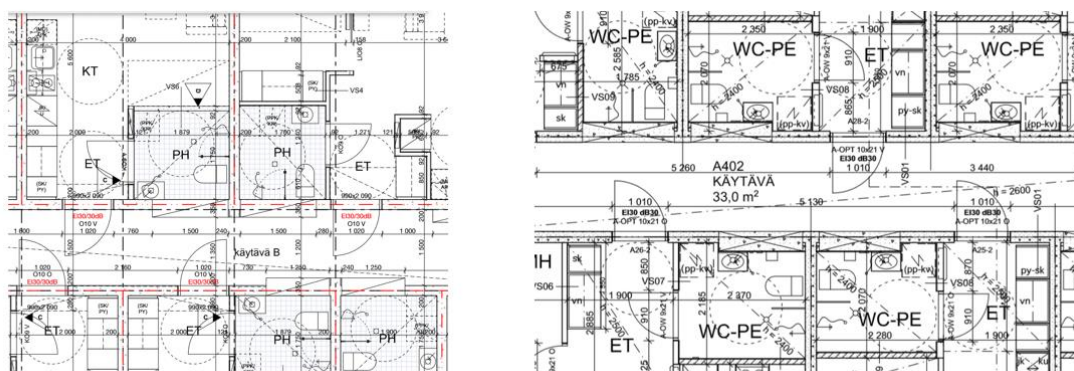
- Työsaumaraudoitteiden hinta vrt. lenkit
- Mahdollinen sementtiliiman poisto kermin tartunnan parantamiseksi
- SBKL levyt kiinni seinään palkkeja varten, mikäli kuljetuksen kannalta mahdollista, hitsaukset jo tehtaalla
- Yläpuolella asunto, Karmipuun kiinnitys
- KE, viisteet kaikkiin näkyviin reunoihin
- VSS ulkopuolen korkeat kuorielementit
- Huulitetut parvekkeiden kuorielementit
- Yläpohjan kuorielementtien asennus sänkkärin päälle

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 15 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. MP ja KE-elementtien vertailut esitetty liitteissä 5-6.

5.3.3 Massiivilaatat

Kerrostasolaattoja käytetään kohdeyrityksen kohteissa lähinnä yleisten tilojen käytävien sekä porrashuoneen välipohjaratkaisuna. Kerrostasolaatat asennetaan käytävän väliseinien päälle ja juotetaan osaksi ontelolaatastoa, ontelolaataston saumavalun yhteydessä. Massiivilaattojen vakiopaksuudet ovat 240, 250, 260 sekä 280mm ja laatat suunnitellaan korkoasemaltaan siten että laatan päälle tuleva pintarakenne on samassa tasossa saman kerroksen asuntojen lopullisen pinnan kanssa. Massiivilaatan paksuuteen vaikuttaa muun välipohjan rakennepaksuuden sekä kuormituksien, ääneneristysvaatimusten ja jännevälien perusteella. Asuinkerrostalossa suositeltava rakennepaksuus massiivilaatalle on 280mm (Runkorakenteet 2010).

Kohdeyrityksen tuotannossa käytävän massiivilaatat sisältävät paljon suuria varauksia reunoilla johtuen asuntojen hormilinjojen tuonnista käytävän puolelle. Nämä aukotukset tulee ottaa huomioon suunnittelussa erityisesti hormien liittymisen osalta. Kuten alla olevista kuvista 20 huomataan, hormoneja asennetaan tänä päivänä kohdeyrityksen tuotannossa sekä samaan linjaan käytävän väliseinien kanssa (itse hormi jää kylpyhuoneen puolelle) sekä ulos asunnosta, käytävälle. Tuodessa hormit käytävälle vaikuttaa tämä oleellisesti kerrostasolaatan tuotantokustannuksiin. Kun hormit tuodaan kokonaisuudessaan käytävälle, aiheuttaa tämä suunnitteluratkaisu kerrostasolaattoihin lisäraudoitus tarpeen hormivarausten kohdille. Hormien käytävälle tuonnilla on pyritty lisäämään asukkaalle pesuhuoneessa jäävää tilaa mutta myös rikkomaan vaikeaksi havaittujen suorien käytävälinjojen toteutusta.



Kuva 20. Kohdeyrityksen vaihtelevat hormielementtien sijoittelutavat.

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn lomakekyselyn, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden kautta tunnistettiin seuraavia ongelmia näiden elementtien suunnittelussa ja käyttämisessä kohdeyrityksen tuotannossa,

- Käytävillä liian pienet varat väliseinien asennukselle johtuen laatasta
- Käytävän massiivilaatat liian korkealla (plaanot eivät onnistu normaalisti)

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 15 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. L-elementtien vertailut esitetty liitteissä 7.

5.3.4 Väliseinäelementit

Väliseinät ovat rungon betonielementtien osalta asuinkerrostalojen suurin yksittäinen elementtituote neliömäärällisesti. Tästä syystä pienikin hinnan vaihtelu vaikuttaa merkittävästi koko betonielementtiurakan hintaan vaikkakin väliseinät ovat itsessään toistuvia ja tuotantoteknisesti helppoja valmistaa. Myös laatu- tai viimeistelemättömyysongelmat tuovat suuria lisätoita, mikäli väliseinien tuotannossa esiintyy jatkuvia ongelmia (Runkorakenteet 2010).

Betonielementtiväliseiniä voidaan tehdä, joka raudoitettuina tai raudoittamattomina. Raudoittamattomalla väliseinällä tarkoitetaan käytännössä verkotonta betonielementtiä, jonka ulkokehää kiertää pieliteräkset, joiden halkaisija on vähintään 10mm. Raudoitetut väliseinät puolestaan sisältävät pieliterästen lisäksi normaalisti raudoitusverkot molemmissa pinnoissa. Asuinkerrostalokohteissa tyypillisiä raudoitettujen väliseinäelementtien käyttökohteita ovat kellarin seinät, joissa ne toimivat rungon jäykistäjinä ja niille kohdistuu suurimmat pystykuormat. Sekä raudoitettujen että raudoittamattomien väliseinäelementtien suositeltava maksimipituus on 5 metriä. Yli 5 metriä pidempien väliseinäelementtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdollinen kutistuminen ja yleisesti tätä pidempiin elementteihin tuleekin suunnitella vaakasuuntaiset kutistumateräkset. Väliseinien, kuten myös muidenkin seinäelementtien suositus maksimikorkeus on 3,6m kun taas kuljetusteknisesti riippuen kuljetuskalustosta suurin mahdollinen korkeus on 4,2m, mukaan lukien elementin yläpinnasta korkeammalle nousevat tartuntatäpät ja nostolenkit. Tätä korkeammat elementit tulee suunnitella ns. kääntökivinä, jolloin elementtiin sijoitetaan nostolenkit kahdelle sivulle ja elementti käännetään pystyyn työmaalla. Myös käytettävä nostokalusto tulee ottaa huomioon seinäelementtien suunnittelussa. Seinän suunniteltavaan paksuuteen vaikuttaa käyttökohde, päälle asennettavien elementtien tukipintojen vaatimukset sekä palo- ja äänitekniset vaatimukset. Asuinkerrostalokohteissa huoneistojen välisten väliseinäelementtien minimisuositus paksuudeksi on 200mm (Runkorakenteet 2010).

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn lomakekyselyn, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden kautta tunnistettiin seuraavia ongelmia näiden elementtien suunnittelussa ja käyttämisessä kohdeyrityksen tuotannossa,

- Oviaukkojen pieliin kuljetusterästen kohdille varaukset
- Sementtiliiman poistot?
- Liian pienet asennusvarat massiivilaatan leikkauksesta johtuen
- Lattialämmitysputkien läpivientien turhien reikien paikkaukset
- Elementtien valmistus ja asennustoleranssit eivät riitä pitkillä käytävillä

- Liikuntasaumassa olevien seinäelementtien asennus. ohjaustappien mukaan, heittoa syntyy
- Sementtiliimat ja huokoisuus

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 16 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. V-elementtien vertailut esitetty liitteissä 8.

5.3.5 Sisäkuorielementit

Sisäkuorielementit ovat ulkoseinäelementtejä, joiden avulla on mahdollista päästä saumattomiin julkisivuihin joko paikalla muurauksen tai rappauksen avulla. Kuten sandwich seinäelementit ovat myös sisäkuorielementit joko kantavia (SK) tai ei-kantavia (RK). Asuinkerrostaloissa suositeltava ulkoseinissä käytetyn sisäkuorielementin paksuus on 150mm. Tyypillinen kantavan sisäkuorielementin raudoitus on T10-12 pieliteräkset ja tarvittaessa verkko tai verkot. Ei-kantavien sisäkuorielementtien tyypillinen raudoitus on keskeinen verkko ja pieliteräkset. Lopullisen seinärakenteen eristys voidaan tehdä joko työmaalla tai kiinnittämällä eriste elementtiin jo tehtaalla eristeen valmistusvaiheessa. Tyypillinen sisäkuorielementin käyttökohde on paikallamuurattu julkisivu (Runkorakenteet 2010).

Kantavat ja ei-kantavat rapatuissa seinäelementeissä (SKR- ja RKR-elementit) sisäkuoreen on asennettu rappausvillaeriste. Tyypillisesti rappausvillan ulkopintaa tehdään työmaalla myös pohjarappaus suojaamaan villaa UV-säteilyltä (Runkorakenteet 2010).

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden kautta tunnistettiin seuraavia ongelmia näiden elementtien suunnittelussa ja käyttämisessä kohdeyrityksen tuotannossa,

- Sisäkuorielementin ikkunan apukarmipuiden kiinnityksiä toteutettu työmaalla
- Tehtaalla eristettyjen SK-elementtien eristeet repeilleet ja saumat vaikea tiivistää
- SKR-elementeistä puuttunut valulippa
- Työmaalla asennettavat kaiteet ja talvella huputus
- Putoamissuojakaidevaraukset elementteihin
- Sokkeliin liittyvään kiveen eristevaraus alareunaan, täytyy kermittää ja pellittää
- Ikkunapenkkien kaato minimiin

Työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 16 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. SK-, RK-, SKR- ja RKR-elementtien vertailut esitetty liitteissä 9-12.

5.3.6 Sandwich-ulkoseinäelementit

Kantavat (S) ja ei-kantavat sandwich R elementit ovat eniten käytetty ulkoseinä rakenne suomalaisissa asuinkerrostaloissa. Sandwich elementit muodostuvat sisä- ja ulkokuoresta sekä niiden välissä olevasta eristeestä. Sisäkuori toimii kantavana rakenteena, johon ulkokuori ripustetaan ansaiden ja pistokkaiden avulla. Ansaiden ja pistokkaiden tehtävänä on myös estää ulkokuoren liian suurta kaareutumista, joka aiheutuu elementin kuivumiskutistumisesta sekä kosteuden ja lämpötilanvaihteluista. Kantavan sandwich elementillä sisäkuoren paksuus on vähintään 150mm ja ulkokuori 70-80mm. Ei-kantavan sandwich elementin yleisin sisäkuori paksuus on 80mm ja ulkokuori 70-80mm (Runkorakenteet 2010).

Sandwich elementit ovat julkisivuelementtejä ja ne sisältävät näin ollen paljon ikkuna- ja oviaukkoja. Elementtien rauditus mitoitetaan erikseen aukkojen ympärillä ikkuna- ja ovipalkeissa sekä pielipilareissa. Muuten raudituksena toimii pieliteräkset. Sisäkuoren raudituksessa ei yleisesti käytetä verkkoja lukuun ottamatta jäykistäviä seiniä ja mahdollisia kääntöelementtejä. Tapauksissa, joissa sandwich elementin sisäkuori toimii kantavana rakenteena, ulkokuoren rauditus on vähäinen, sillä ulkokuoren rakenteellinen tehtävä on vain välittää tuulikuormat sisäkuorelle. Raudoitukseksi riittääkin tällaisessa tapauksessa pieliteräkset sekä verkko rajoittamaan ulkokuoren halkeilua. Tyypillinen ulkokuoren rauditus on 4-150 B600KX verkko ja pieliteräkset 7mm B600KX. Johtuen raudoitteiden betonipeitteen vähimmäisarvosta ja raudoitteiden asennustoleranssista, ulkokuoren rauditukset tehdään ruostumattomina ulkokuoren paksuuden ollessa 80mm tai vähemmän. Suositeltavana sandwich seinäelementin maksimi pituutena pidetään 6 metriä. Elementin koon suurentuessa myös elementin sisäiset pakkovoimat kasvavat. Yli 6 metriä pitkissä sandwich elementeissä erityisesti aukkojen nurkkien halkeiluriski kasvaa (Runkorakenteet 2010).

Betonisandwich elementti on kustannustehokas tapa toteuttaa julkisivuja. Sen hyviä puolia ovat

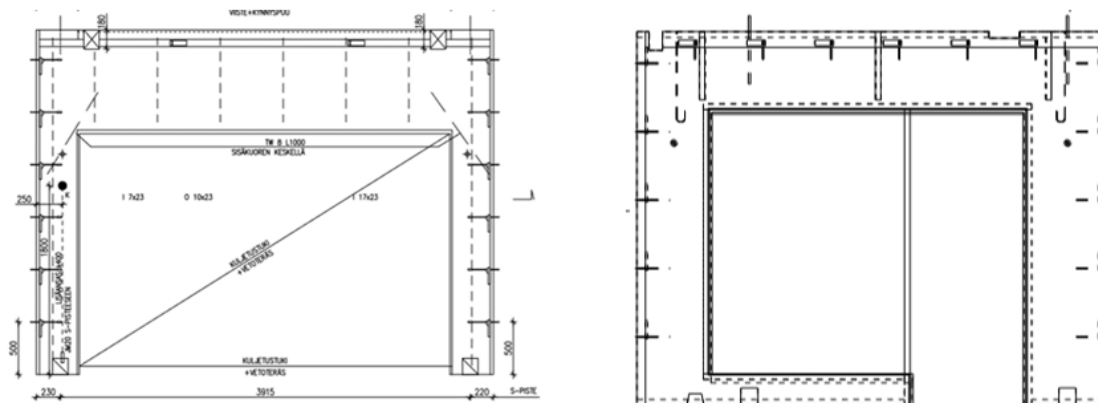
- Edullisuus
- Korkea esivalmiusaste
- Nopea rakennusaika

Verrattuna muihin julkisivurakenteisiin sandwich elementin huonoja puolia ovat

- Suojausvelvoitteet
- Joustamattomuus saumojen ja aukotuksen suunnittelun kannalta

Kohdeyrityksen tuotannossa sandwich elementtejä käytetään paljon. Ei-kantavat sandwich elementit (R) ovat pääosin parvekkeentaustaseiniä kohdeyrityksen tuotannossa. Näitä seinäelementtejä on toteutettu ulkomuodoltaan kahdella eri tavalla kohdeyrityksen

tuotannossa. Sekä penkillisinä että ilman penkkiä. Alla kuvat elementtikuvat havainnollistamaan näitä vaihtoehtoja.



Kuva 21. Kohdeyrityksen ei-kantavan parvekkeen taustaseinän toteutustavat.

Viime aikoina yrityksen tuotannossa on siirrytty käyttämään enemmän penkillistä vaihtoehtoa koska penkitön vaihtoehto on todettu haastavaksi ikkuna- ja ovirakenteisiin liittyvien rakennusosien kuten pellityksien vuoksi. Penkittömässä vaihtoehdossa parvekkeen alapuolisen parvekkeentaustaseinän ja parvekelaatan väliin joudutaan nykyisillä suunnitelmilla rakentamaan peltipohjat, jotta ikkuna- ja oven kynnyspelti saadaan ulottumaan parvekelaatan päälle riittävällä kaltevuudella. Penkillisessä vaihtoehdossa ikkunaan liittyvä pelti saadaan asennettua suoraan paikoilleen elementtiin suunniteltavan ikkunapenkin päälle.

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden perusteella tunnistettiin seuraavia ongelmia kohdeyrityksen nykyisessä tuotannossa S- ja R-elementtien suhteen,

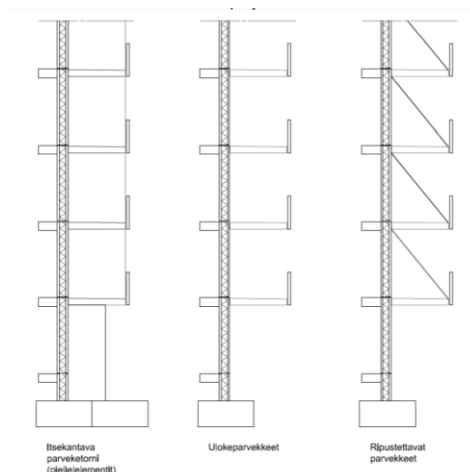
- Parvekkeen pistorasian sähköjen tuonti planaon
- Parvekeoven sisäpuolelle oven varausten piikkaus ennen lämpölattiaa, oviaukko liian kapea
- Peltipohjat parvekkeiden ikkuna- ja kynnyspelleille
- Puuttuvien tuuletusreikien poraaminen työmaalla
- Apukarmin ja eristeen asennus työmaalle
- Kuljetustukien katkaisu ja ferrex-käsittely paikkauksineen
- Nolla ikkunan alla lämpölattian yläpuolelle jääneen sänkkärin sisäkuoren hionta/täyttö ennen parkettia
- Ikkunapenkin sijainti alemmassa elementissä ja sen tuomat ongelmat. Ylemmässä elementissä valukuljetustukia, parvekesaranat aiheuttavat jälkitöitä, ikkunapenkki liian leveä. Parempi jos ikkunapenkki samassa elementissä kuin ikkuna-aukko.

- Ikkunat liian isoja. Logistisesti enemmän aikaa vievää.
- Sisäsmyygien vinoudet ja pyöreys
- Parvekeoven kynnyspellille ei tilaa alemmassa elementissä
- Ulkopuolinen kittaus parvekkeilla. Saumaaja joutuu laittamaan ylimääräiset vil-lakaistat kittauksen pohjaksi. Olisi ennaltaehkäistävissä oikeanlaisella pielellä.
- Lattianrajasta lähtevien ikkunoiden apukarmit eri elementeissä. Jää herkästi ra-koja, saavutetaanko riittävä ilman pitävyys?
- Ulkosmyygien nurkat ja tuuletusreikien halkeamat sekä ulkonäkö
- Ulkokuoren ikkuna-aukon nurkkien halkeamat
- Puutteellinen elementtien suojaus
- Työmaalla asennetut kaiteet ja talvella huputus
- Ikkunapenkkien kaato minimiin

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 16 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteu-tettavan kohteen tyyppielementtejä. S- ja R-elementtien vertailut esitetty liitteissä 13-14.

5.3.7 Parvekelaatat

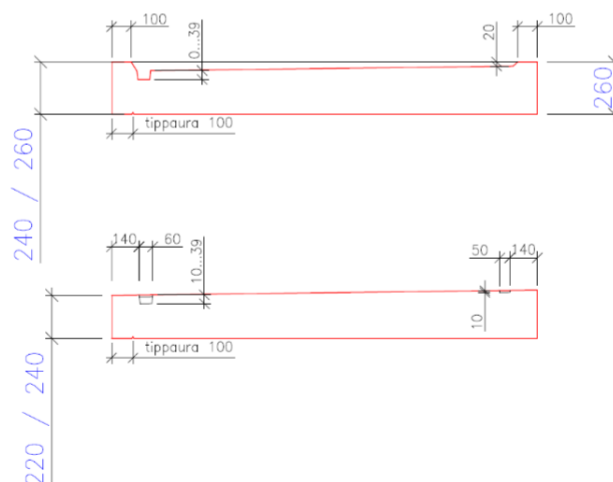
Parvekelaatat voidaan jakaa rakennemalliensa puolesta kolmeen erilaiseen lajiin, itsekan-taviin-, uloke ja ripustettaviin parvekkeisiin. Itsekantavassa parvekejärjestelmässä par-vekkeet tukeutuvat perustuksista lähteviin kantaviin pieliseisiin ja/tai pilareihin. Parve-kelaatat sidotaan runkoon ulkoseinän läpi välipohjaan menevillä kiinnitysosilla kuten esi-merkiksi parvekesaranoiduilla lattateräksillä. Ulokeparvekkeiden kannatus voidaan to-teuttaa vakioiduilla ulokekannakejärjestelmillä tai teräsprofiileilla. Ulokekannakejärjes-telmien käyttö on suositeltavampaa lämpöteknisestä näkökulmasta katsottuna. Kannatus tapahtuu liittämällä kannatus osa välipohjaan valulla. Parvekelaatan tuenta on välttämä-töntä kunnes valu saavuttaa rakennesuunnittelijan määrittämän vaaditun lujuuden. Ripus-tettavien parvekkeiden käyttö on mahdollista vain kantavilla parvekejulkisivuseinälin-joilla. Ripustus voidaan suunnitella esimerkiksi vetotangoilla. Parvekelaatan tuenta to-teutetaan joko asentamalla parvekelaatan takaosa rakennuksen runkoon tai kantavaan ul-kokuoreen teräsosilla. Alla kuva kustakin parvekejärjestelmästä (Betonielementtiparvek-keet 2010).



Kuva 22. Asuinkerrostalon parvekejärjestelmät (Betonielementtiparvekkeet 2010).

Parvekelaattoja voidaan valmistaa joko kiila- tai kuppilaattana. Kuppilaatassa on nimensä mukaisesti nostetut reunat muodostaen ikään kuin kupin parvekelaatan keskelle. Kiilalaatta puolestaan on tasaisesti poikkileikkaukseltaan takaosastaan etureunaan kaatava parvekemalli. Parvekelaatat voivat olla kooltaan maksimissaan 4300mm yhteen suuntaan kaatavalla vedenpoistouralla ja 6000mm väliltä tuettuna, kahteen suuntaan kaatavalla vedenpoistouralla. Yli 6000mm parvekkeet tehdään jännitettyinä parvekelaattoina. Paksuudet vaihtelevat riippuen laatan pituudesta. Parvekelaatan suunniteltuun paksuuteen vaikuttaa laatan pituus. Kiilalaattojen paksuus ohuimmassa reunassa on yleensä 220mm ja kuppilaattojen paksuus 240 tai 260mm (Betonielementtiparvekkeet 2010).

Parvekelaatan vedenpoisto toteutetaan kuppi- ja kiilalaatalla samalla tavalla mutta kaivon tukkiutumiseen varaudutaan eri tavalla. Kuppilaatassa laatan kaato voidaan tehdä kumpaan suuntaan tahansa, ulos tai sisäänpäin rakennuksesta mutta kaivojen tukkeutumisen varalta täytyy kuppilaattaan suunnitella ulosheittäjät. Kiilalaatassa ulosheittäjiä ei tarvita sillä laatta kaataa ulospäin rakennuksesta ja kaivojen tukkeutuessa vesi pääsee valumaan parvekkeen etureunasta ulos. Kiilalaatan kaikki reunat tulee kuitenkin varustaa vedenpoistourilla, jotka estävät sadevesien valumisen reunojen yli. Parvekekaivon sijoittamisessa tulee ottaa huomioon mahdollisten parvekelasien avautumissuunta sekä parvekeoven avautuminen. Parvekekaivoina tulee käyttää valmiiksi palokatkon sisältäviä valmisosia. Mikäli asuinkerrostalokohteen vesikaton vedenpoistoa ei voida toteuttaa ulkopuolisena ja vedet joudutaan johtamaan parvekkeiden läpi sadevesikaivoille, tulee tämä ottaa huomioon parvekelaattojen vesikattovesiputkien varauksissa. Parvekelaattojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös parvekelasitukset. Mikäli parvekettä ei lasiteta välittömästi, tulee parvekkeiden alapintoihin n. 100mm päähän laatan reunasta sijoittaa 10*10 tippaura, joka estämään tuulen kuljettaman veden eteneminen. Alla kuva havainnollistamaan kuppi- ja kiilalaattojen eroja sekä tippauran sijaintia (Betonielementtiparvekkeet 2010).



Kuva 23. Kuppi ja kiilalaatan mittasuositukset (Betonielementtiparvekkeet 2010).

Normaalina parvekeraudoituksena voidaan pitää yläpinnan raudoituksena 8-200 verkko ja alapinnassa verkko 10-200 tai 10-150. Lisäksi koko laatan osalta saman korkuisiksi suunniteltavat reunahaat TW8-k200. Tarvittaessa raudoitusta voidaan lisätä irtotangollisin lisäteräksin (Betonielementtiparvekkeet 2010).

Parvekelaatan suunnittelussa on otettava huomioon sen liittyminen ympäröiviin rakenteisiin. Parvekelaatan, huoneiston valmiin lattianpinnan ja parvekeoven yhteistä korkomaailmaa ohjaa lähtökohtaisesti kynnyksettömyys ja kosteustekninen turvallisuus. Esteettömyys vaatimuksissa sanotaan ”oven yhteydessä ei saa olla tasoeroa tai kynnystä, ellei se ole ääni-, kosteus- tai muiden vastaavien olosuhteiden vuoksi välttämätöntä.” Asunnon sisäpuolella kynnysrajoitus on 20mm, tai kynnyks on muotoiltava siten, että sen voi helposti ylittää pyörätuolilla ja pyörillä varustetulla kävelytelineellä. Asuntokohtaisen ulkotilan kuten parvekkeen tasoero oven yhteydessä oven ulkopuolella saa olla yli 20mm jos tasoero on kohtuudella poistettavissa ulkotilan varustelulla.

Kohdeyrityksen asuinkerrostalotuotannossa parvekkeilla on merkittävä rooli asuntojen myynissä. Kohdeyrityksen yksi erottumiskeino muista asuntorakentajista on isot, koko asunnon levyiset parvekkeet. Parvekkeita on tehty monilla eri suunnitteluratkaisuilla. Ylivoimaisesti yleisin rakennejärjestelmä on itsekantavat parvekkeet. Kannattelevina elementteinä sekä pilari- että pieliementtejä. Parvekelaattoina on käytetty sekä kiila- että kuppilaattaa. Parvekelaatan yläpinta on kaikissa kohteissa tehty hienopesuna PESH tai muottipintana. Parvekekattoja puolestaan on tehty sekä harjattuna että telattuna.

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden perusteella tunnistettiin seuraavia ongelmia kohdeyrityksen nykyisessä tuotannossa parveke-elementtien suhteen,

- Kaadot sisäänpäin
- Parvekelaattojen sidonta ontelolaatastoon

- Korkomaailma esteettömyyden, kosteusteknisen toiminnan ja pellityksien suhteen
- Telatun alapinnan epätasalaatuisuus

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 15 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. CL-elementtien vertailut esitetty liitteissä 15.

5.3.8 Pieli- ja pilarielementit

Itsekantavat parvekelaatat tukeutuvat kantaviin pieliseinäelementteihin (M) tai parvekepilareihin (CP). Alimpia parvekkeita tukevat parvekettä kantavat pieli- ja pilarielementit perustetaan pilari tai seinäanturoiden varaan. Kiinnitys tapahtuu yleisimmin juotosliitoksena tai pulttiliitoksella. Myös hitsaus ja holkkiliitoksia voidaan käyttää (Runkorakenteet 2010).

Parvekettä kannattelevan pielielementin paksuus on tavallisesti 180mm. Leveyteen vaikuttaa parvekelaatan leveys. Pielielementin tulee olla vähintään leveydeltään vähintään 2/3 parvekelaatan leveydestä. Reunapielielementtejä pystytään kuitenkin suunnittelemaan pienimmillään 400mm leveinä. Kohdeyrityksen tuotannossa parvekeväliseinäpieliä on tehty käytännössä kaikissa kohteissa 200mm paksuina, kun suunnitteluohjeistus on 180mm. Raudoituksen puolesta normaalitilanteessa, jossa pielet kantavat vain oman painonsa ja päälle asennettavat parvekkeet, parvekeväliseinäpieleen tulisi riittää tw10 ympärikiertävät pieliteräkset, verkkoa ei tarvita.

Parvekkeiden kannatuspilarit ovat yleensä joko pyöreitä tai suorakaidepilareita. Pyöreiden pilarien halkaisijan mittasuositus on 230 tai 280 mm (törmäyskuormalle alttiit pilarit myös 380 mm) sekä neliöpilarien sivumitan 230 tai 280mm (380 mm). Kohdeyrityksen tuotannossa on käytetty vain pyöreitä parvekepilareita (Runkorakenteet 2010).

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden perusteella tunnistettiin seuraavia ongelmia kohdeyrityksen nykyisessä tuotannossa M- ja CP-elementtien suhteen

- Peikko P4X osien asennusvarojen puutteellisuus, erityisesti tiilipinnoilla
- Parvekeboxien pielen tuenta. Isot täytöt ja niiden tuoma paine seiniin. miten ratkaistaan, kulmarautaa käytetty.
- Julkisivupielien ankkurointi runkoon.
- Pielen perskuran sotkeminen pielen ja parvekelaatan välissä laatan yläpintaan
- Pielien kulmien epätasaisuudet ja lohkeamat
- Parvekepielien ja pilareiden huokoisuus
- Parvekepielien huono laatu hierretyllä pinnalla
- Pilareiden muottivalusauma hiomatta

- Parvekkeiden väliseinissä toinen puoli parvekettä muottipinta ja toinen hierretty, selvä laatuero
- Erikoisosien kunnollinen asennus ja puhdistus
- Vemojen materiaalit vaihdelleet, täytyy olla RST.
- Nostolenkkien käyttö kääntökivi julkisivupielissä, työlästä leikata ja paikata.

Lisäksi työn toteutuksen yhteydessä vertailtiin 15 kohdeyrityksen jo toteutetun tai toteutettavan kohteen tyyppielementtejä. M- ja CP-elementtien vertailut esitetty liitteissä 16-17.

5.3.9 Ontelolaatat

Ontelolaatta on esijännitetty pituussuunnassa onteloilla kevennetty laattaelementti, jota käytetään kantavana vaakasuuntaisena rakenteena alapohjissa, välipohjissa sekä yläpohjissa. Onteloiden korkeus riippuu ontelolaatan korkeudesta. Ontelolaattojen valmistuskorkeudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500mm. Vakioleveydeltään ontelolaatat ovat 1200mm. Laatan raudoitteina toimivat onteloiden kannaksien välissä, yleensä laatan alapinnassa esijännitetyt teräspunosrauditteet. Ontelolaattojen liukuvaluvalmistuksessa käytetään korkean lujuusluokan (C40-C70) niin jäykkää betonia (C40-C70) että laatta säilyttää liukuvalulinjalla valukoneen ajaman ja tiivistävän muotonsa ilman erillisiä muottilaitoja (Runkorakenteet 2010).

Ontelolaattoihin voidaan tehdä myös syvennyksiä. Näitä ontelolaattatyyppejä kutsutaan kololaatoiksi. Kololaattoja valmistetaan 256, 320 ja 370mm korkeista ontelolaatoista. Syvennyksen teko toteutetaan rikkomalla ehjä ontelo halutun syvennyksen kohdalla ontelolaatan valmistusvaiheessa, kun tuore betonimassa ei vielä ole kerennyt lujittumaan. Syvennyksen paksuus riippuu laatan korkeudesta ja sen leveys on joko 600mm tai koko ontelolaatan leveys 1200mm. Syvennyksen suositeltava maksimipituus on 3m. Kololaattoja käytetään erityisesti kylpyhuoneissa, jolloin tarvittavalle talotekniikalle saadaan riittävä tila työmaa-asennuksia varten. Kylpyhuoneiden talotekniikka asennuksia varten on myös mahdollista käyttää kylpyhuoneen kohdalla, koko jänneväliä matalampaa ontelolaatta korkeutta, mikäli kohteesta riippuen palomääräykset sen sallivat.

Ontelolaattakentät pyritään suunnittelemaan käyttäen mahdollisimman paljon 1200mm leveitä, kokonaisia ontelolaattoja. Mikäli koko laatasta ei voida toteuttaa kokonaisilla ontelolaatoilla, tulee reunimmainen ontelolaatta katkaista ja sijoittaa ontelolaattakentän jompaankumpaan pätyyn. Ontelolaattojen punossuunnittelusta vastaa ontelovalmistaja, rakennesuunnittelijan antamien lähtötietojen pohjalta.

Kohdeyrityksen kerrostalotuotannossa käytännössä kaikki välipohjat tehdään ontelolaatoina. Paikallavalettuja välipohjia on käytetty satunnaisesti erikoistapauksissa kuten esimerkiksi sisäänvetojen mahdollistamiseksi ilman alemman kerroksen huonekorkeuden pienemistä esimerkiksi vaihtoehtoisella deltapalkki ratkaisulla. Asuinkerrosten väliset

välipohjat tehdään O37 ontelona mutta asunnon kaksi tai kolme ensimmäistä ontelolaattaa ollaan tehty kohteesta riippuen joko kololaattana tai O20 laattana.

Kohdeyhteyksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden perusteella tunnistettiin seuraavia ongelmia kohdeyhteyksen nykyisessä tuotannossa ontelolaattojen suhteen

- Ontelo-aco liitos, väärinkäsitysten estäminen
- Työmaalla tehtävät sahaukset reunimmaiseen onteloon, holvitartunnoiksi
- Reunimmaisen laatan, rei'itetyn laatan vedenpoistoreikien toteutus
- Liian tiukat varat laataston reunalla, betonin tiivistymisessä ongelmia

5.3.10 Hormit

Hormielementeillä tarkoitetaan betonirakenteista talotekniikkaelementtiä, jonka sisällä sijaitsee LVIS-pystyputkijuoksua, jotka liitetään yhteen työmaalla. Hormit suunnitellaan yleisesti kerroksen korkuiseksi ja ne liitetään toisiinsa työmaalla ohjaustankojen avulla. Hormit ankkuroidaan rakennuksen muuhun runkoon kerrostasolaattojen ja väliseinien välisten vaarnalengkien ja tankorautojen avulla. Hormielementtejä voidaan liittää runkoon osaksi väliseinää tai itsenäiseksi seinäelementin viereen. Itsenäisen elementin ja seinän väliin jätettävän raon suositeltava väli on 20mm. Alimpien hormielementtien kannatus suunnitellaan alimman laatastotason päälle. Asennus tapahtuu yleisesti välipohjalaataston asennuksen jälkeen, jolloin hormi lasketaan laataston hormivarauksen läpi alemman kerroksen hormin tai alimmassa kerroksessa laataston päälle. Asennuksen jälkeen suoritetaan jälkivalut (Runkorakenteet 2010).

Hormielementtien suunnittelusta vastaa hormitoimittaja LVIS-suunnitelmien pohjalta. Rakennesuunnittelija mitoittaa hormoneilta tulevan rasituksen välipohjille, tyypillisesti mitoitus tehdessä hormit mielletään umpibetonisiksi hormoneiksi. Tämä siitä syystä että yleisesti laatasto suunniteltaessa hormoneja ei vielä ole mitoitettu. Hormitoimittajan hormisuunnitelmien jälkeen rakennesuunnittelija ja hormisuunnittelija määrittävät yhdessä hormien kannatustarpeen ja -tavan, liittyvien elementtien välisten liitosten ja saumojen toimintatavan sekä sijoituksen (Runkorakenteet 2010).

Tyypillisesti kohdeyhteyksen kohteissa hormit on suunniteltu niin että ne palvelevat pystylinjakohtaisesti samassa linjassa olevia asuntoja niin IV, sähkö kuin viemäri nousujen avulla. Nyt viime aikoina, kuten myös tämän työn pilottikohteessa myös lämmitysvesi ja käyttövesilinjat on suunniteltu hormien sisään. Tällä tavalla pienennetään putkiurakoitsijan työtä poistamalla pystyrunkolinjojen teko ja toisaalta myös vältetään tekniikkakuilun suunnittelulta ja näin ollen ylimääräisen tilan hukkaamiselta yleisissä tiloissa. Sijainniltaan hormoneja on kohdeyhteyksen tuotannossa sijoitettu niin käytävälinjalle, osaksi väli-

seinä linjaa kuin itsenäisiksi, kantavan väliseinän viereen keskelle huoneiston pituussuuntaa. Käytävillä hormoneja on sijoitettu niin kylpyhuoneen pinnan tasoon kuin käytävän seinäpinnan tasoon. Tänä päivän kylpyhuoneen seinäpinnan taso on yleisempi.

Kohdeyrityksen henkilöstölle lähetetyn kyselylomakkeen, tutkijan oman havainnoinnin ja avainhenkilöhaastatteluiden perusteella tunnistettiin seuraavia ongelmia kohdeyrityksen nykyisessä tuotannossa hormielementtien suhteen,

- Hormissa kulkevien sähkönousujen kannakointi
- Sähkökannakointivarausten korko suhteessa kylpyhuoneen alakattoon
- Tekniikkahormien viemäriliitokset liian tarkat, onteloita joudutaan piikkaamaan.
- Tekniikkahormit käytävän seinälinjan kanssa tasan. Paljon jälkitöitä mikäli asennuksessa vähänkin heittoa. Voidaanko tuoda pykälä käytävälle?
- Sementtiliimat

6. TULOKSET

6.1 Elementtien tyypikuvien vakiointi

Edellä esitettyjen teorian, kohdeyityksen kohdevertailun sekä haastatteluiden perusteella suurissa suunnittelukokonaisuuksissa havaittiin esiintyvän pientä vaihtelua eri rakenne-suunnittelutoimistojen välisissä suunnitelmissa sekä myöskin kohdeyityksen sisäisesti eri liiketoimintayksiköiden välillä. Kyselyiden, haastatteluiden ja tutkijan oman havainnoinnin pohjalta kaikista läpikäydyistä elementeistä piirrettiin tyyppielementit, jotka on esitetty työn tässä osassa. Tyyppielementit on piirretty vastaamaan ns. normaalia, seuraamusluokan CC2, 4-8 kerroksista kohdeyityksen kerrostalokohdetta. Kunkin suunniteltavan kohteen erikoispiirteet vaikuttavat elementtisuunnitteluun mutta alla esitetyt uudet tyyppielementit kuvaavat perusratkaisuja. Tyyppielementtien suunnittelussa keskityttiin pääosin ratkaisemaan kohteissa esiintyneitä ylimääristä työtä synnyttäneitä suunnitteluratkaisuja ja valmistuksen laatutekijöihin pohdittiin ratkaisuja ja toimenpiteitä, jotka voisivat helpottaa työmaalla suoritettavaa työtä haluttuun laatutasoon pääsemiseksi. Osa haastatteluissa esille nousseista ongelmista ovat laadullisia tai työnsuoritukseen liittyviä tekijöitä ja näitä ei käsitellä tässä osassa työtä.

Edellisessä osassa läpi käydyistä betonielementeistä piirrettiin tyypikuvat, joissa otettu huomioon kaikki tämän työn tutkimusosiossa esille nousseet ongelmakohdat. Tyyppielementit on esitetty kohdeyitykselle luovutettavassa suunnitteluohjeessa. Nämä tyyppielementit toimivat jatkossa tyyppielementtimalleina rakennesuunnittelijoille.

6.1.1 Sokkelielementit

Kohdeyityksen tuotannossa sokkelielementtien rakennepaksuuksia on suunniteltu eri mitoilla riippuen yläpuolisesta rakenteesta. Sokkelin rakennepaksuuden kasvatus yläpuolista rakennetta vastaavaksi tulisi suorittaa sisäkuoren paksuutta muuttamalla, ulkokuori on siis mahdollista vakioida. Kohdevertailun perusteella huomattiin, että kohdeyityksen kohteiden tyypillinen ulkokuoren paksuus on 80mm. 80mm ulkokuorta käyttäessä raudoituksen betonin minimisuojaetäisyyteen ei ole mahdollista päästä kuin ruostumattomilla teräksillä. Ulkokuoren paksuuden kasvattaminen 90mm mahdollistaisi normaalin betoniteräksen käytön joka tuo kustannusetuja ruostumattomiin raudoitteisiin verrattuna. Ruostumattoman teräksen kilo hinta on 3-5 kertaa normaalia betoniterästä kalliimpaa.

Edellisessä osassa puhuttiin sokkelin lämmöneristeen alareunaan tehtävistä vedenpoistourista. Vedenpoistoputkia ei saa tukkia. Juurivalut tulee pyrkiä mitoittamaan sellaiseen korkoon, että vedenpoistoputket jäävät juurivalun yläpinnan koron yläpuolelle. Mikäli vedenpoistoreikien sokkelin ulkokuoren ulostulokorko on sokkelin ympärille tulevaa juurivalun yläreunan korkoa matalampi, tulee vedenpoistoputkia jatkaa läpi juurivalun tai

suunnitella valukatkot vedenpoistoputkien kohdille juurivaluun. Alla näkyvässä kuvassa esitetty ei kantavan sokkelielementin liittyminen yläpuoliseen rakenteeseen juurivaluineen. Varustelultaan sokkeliin tulee ulkoseinäelementtien tapaa suunnitella kaideholkit putoamissuojausta varten.

Kohdeyrityksen suunnittelussa on useassa kohteessa jätetty suunnittelematta ensimmäisen kerroksen asuntojen parvekeovien ala-apukarmi sokkelielementtiin. Apukarmipuun sijainti tulee suunnitella yläpuolisen elementin oviaukon kohdalle samalla liitosdetaljilla korkojen suhteen kuin ylemmissä kerroksissa. Kyseinen liitos esitellään tutkimuksen liitosdetaljit kappaleessa. Lisäksi sokkelin ulkokuoren yläreunaan ja pystyreunoihin tulee tehdä viisteet kulmien lohkeamien välttämiseksi ja esteettisesti paremman elastisen saumauksen takaamiseksi. Mikäli sokkelin yläpuolella on esimerkiksi rappausseinä tai muu pellitystä kaipaava rakenne tulee sokkelin sisäkuoreen suunnitella 15-30 asteen kaato.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta sokkelielementeistä piirrettiin tyypikuvat, jotka ovat esitetty kohdeyritykselle annettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtivertailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.2 Maanpaine- ja kuorielementit

Kuten edellisessä osassa todettiin, kellarikerroksen seinät tulisi suunnitella eristettäväksi työmaalla. Tämä vaihtoehto on sandwich elementtien käyttöä suositeltavampaa kosteusteknisestä näkökulmasta katsottuna. Maanpaineseinien suunnittelu on aina tapauskohtaista riippuen kuormista ja yläpuolisesta rakenteesta mutta seinien toisiinsa liittämisessä ei voida käyttää vaijerilenkkejä. Liitäntä vaihtoehdoksi jää raudoitelenkit tai työsaumaraudoitteet. Lenkkejä käyttämällä saavutetaan kustannussäästöjä verrattuna työsaumaraudoitteisiin.

Maanpaineseinien tai väestönsuojan kuorielementtien käytössä tulee ensisijaisesti pyrkiä käytetyn kuorielementin pinta-alan minimointiin. Tämä onnistuu parhaiten seiniin suunniteltavien tartuntalevyjen ja näihin työmaalla hitsattavien RST palkkien avulla. Viisteet tulee suunnitella kuorielementin kaikkiin näkyviin reunoihin. Käytettäessä maanpaineiseiniä yhdistelmärakenteena on yläpuolelle tulevan asunnon parvekeoven alakarmi-puu taloudellisinta asentaa työmaalla eristeen asennuksen yhteydessä. Karmipuun asentaminen elementtiin tuo logistisia ongelmia elementtien kuljetusmittojen kasvaessa.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta maanpaineseinistä ja tähän liittyvästä kuorielementistä piirrettiin tyypikuva, joka esitetty kohdeyritykselle annettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtivertailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.3 Massiivilaatat

Kohdeyrityksen tuotannossa massiivilaatoissa tai niiden asennuksessa ei ole esiintynyt juurikaan ongelmia. Asennuskoron puolesta massiivilaatat tulee suunnitella yläpinnastaan asuntojen plaanon kanssa samaan tasoon. Massiivilaattojen väliset saumat ovat yksinkertaisinta toteuttaa vaijerilenkki-saumateräs liitoksella.

Alimpien hormielementtien asennusaikaisessa tuennassa on paikoitellen ollut epäselvyyttä tai hormin kannatteluun on suunniteltu kalliita pysyviä terästukia. Alimpien hormielementtien asennus tulee jatkossa suunnitella alimman välipohjan massiivilaatan päälle mahdollisuuksien mukaan.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta massiivilaattaelementistä piirrettiin tyypikuva, joka esitetty kohdeyritykselle luovutettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtivertailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.4 Väliseinäelementit

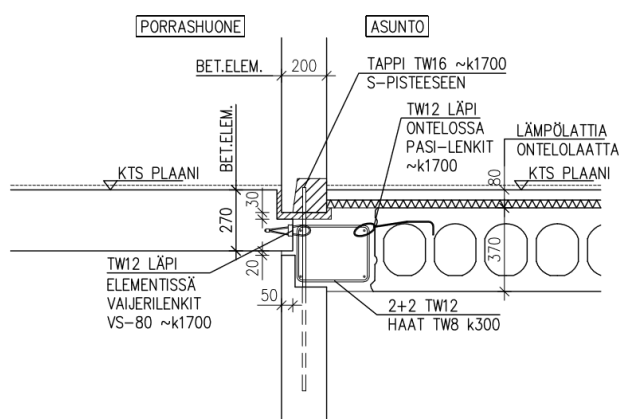
Betonielementtiväliseinä on hyvin yksinkertainen tuote ilman suurta määrää detajiiikka ja onkin vähän ongelmia tuottava betonituote rungoissa. Toisaalta sen ollessa neliömäärältään suurin yksittäinen seinäelementti tyyppi, pienetkin virheet voivat aiheuttaa suuren määrän jälkitöitä. Haastatteluiden perusteella kohdeyrityksen väliseinissä todettiin olevan puutteita pintojen laaduissa, kuljetusterästen toteutuksessa, käytävän väliseinien liittymissä muihin ympäröiviin rakenteisiin sekä sähkövetojen toteutukseen.

Elementissä esiintyviä laatueroja voidaan kontrolloida elementin laatuluokituksella ja mallielementtikatselmuksilla. Sementtiliiman poistoa väliseinien pintakäsittelynä on käytetty vaihtelevasti kohdeyrityksen kohteissa. Osassa kohteista sementtiliiman poisto on ostettu kaikkiin sisäpintoihin elementeissä ja osassa ei ollenkaan. Betoniteollisuus (Betoniteollisuus Ry 2010) on tehnyt tutkimuksen erilaisten pinnoitusten tarttumisesta betoniseinään. Testissä testattiin teräsmuottipintaa käsittelemättömänä, vesipestynä, vesihiekkapuhallettuna ja hiottuna, sekä teräshiertopintaa käsittelemättömänä ja hiottuna. Tasoitteilla kaikki pinnat saavuttivat riittävän tartuntalujuuden ja erot eri pintakäsittelyjen tartuntalujuuksissa olivat minimaaliset. Testien pohjalta betoniteollisuuden näkemys on että oikein tehtynä betonipinnat antavat riittävän tartunnan tasoitteille. Kylpyhuoneiden seiniltä sementtiliima kuitenkin tulee poistaa sillä SisäRYL:n (SisäRYL 2012) mukaan sementtiliiman poisto on vaatimus betonialustaisen laatoituspohjantartunnalle.

Yleinen ongelma väliseinissä on ollut puuttuvat varaukset käytävän väliseinäelementtien oviaukkojen sisäpintojen kuljetusteräksien päistä. Teräkselle vaaditun betonisuojaetäi-

syyden tulee olla 20mm. Ilman varausta kuljetusterästen katkaiseminen ei onnistu vähintään 20mm syvyydestä ilman piikkausta eikä teräksille saada vähintään 20mm suojabetonia jälkipaikkauksella.

Eräässä kohteessa myös käytävän väliseinän liittyminen alapuoliseen rakenteeseen (väliseinä ja massiivilaatta) koettiin ongelmalliseksi. Johtuen yleisesti kohdeyrityksen tuotannossa käytetystä detaljista, joka on esitetty kuvassa 24. Tällä ratkaisulla massiivilaatan syvennys väliseinän asennussijainnin alapuolella on tuottanut ongelmia. Pienetkin heitot syvennyksen sijainnissa tai massiivilaatan asennuksessa voivat aiheuttaa massiivilaatan ylemmän pinnan paikan sijaitsevan väliseinän käytävän puolen pinnan asennussijainnilla. Tämä aiheuttaa ylimääräistä piikkaustyötä tai pahimmassa tapauksessa väliseinän asennuksen vinoon muusta käytävälinjasta. Työn tuloksena kyseistä kohdasta kehitettiin uusi liitosdetalji, joka on esitetty työn myöhemmässä vaiheessa.



Kuva 24. Nykyinen ongelmallinen käytävän väliseinän liittymisdetalji.

Väliseinien sähköputkitukset ovat myös aiheuttaneet kohdeyrityksen työmailla paljon päänsärkyä. Tyypillisesti sähköputkitukset on toteutettu tuomalla seinien pistorasioiden ja koneiden sekä laitteiden sähköt lämpölattiarakenteeseen ryhmäkeskukselle. Kattolampujen sähköt on puolestaan tuotu huoneiston katon ontelo-laattojen onteloissa ja saumoissa ryhmäkeskukselle. Seinien sähköputkituksissa ongelmallista on ollut sähköputkien tuonti väliseinän alapinnasta lämpölattiarakenteeseen. Ongelmia tuottaa erityisesti sähköputkien tuonti lämpölattiarakenteeseen oikeassa korossa. Lisäksi seinien alapinnassa olevien varausreikien täytöt ovat tarkkoja paikkoja täyttäjien suhteen sillä pienikin poikkeama muusta seinäpinnasta aiheuttaa asunnon lopullisessa listoituksessa heittoa listan asennuksessa. Tämän ongelman ratkaisu on betoniväliseinäelementtien sähköputkitusten toteuttaminen vaakavetoina. Kyseistä ratkaisua on käytetty kohdeyrityksen eräissä kohteissa ja sen käytöstä on hyviä kokemuksia. Betonielementtien valmistuksen kannalta ratkaisun käyttö tarkoittaa todennäköisesti suurempia yksikkökustannuksia

sillä väliseiniin täytyy lisätä ylimääräisiä rautoja sähköputkien kiinnittämiseksi muotiin, jotta ne pysyvät paikoillaan valussa. Suunniteltaessa yli 5 metriä pitkiä väliseiniä, kutistumateräksiä voidaan käyttää hyväksi sähköputkien vedossa.

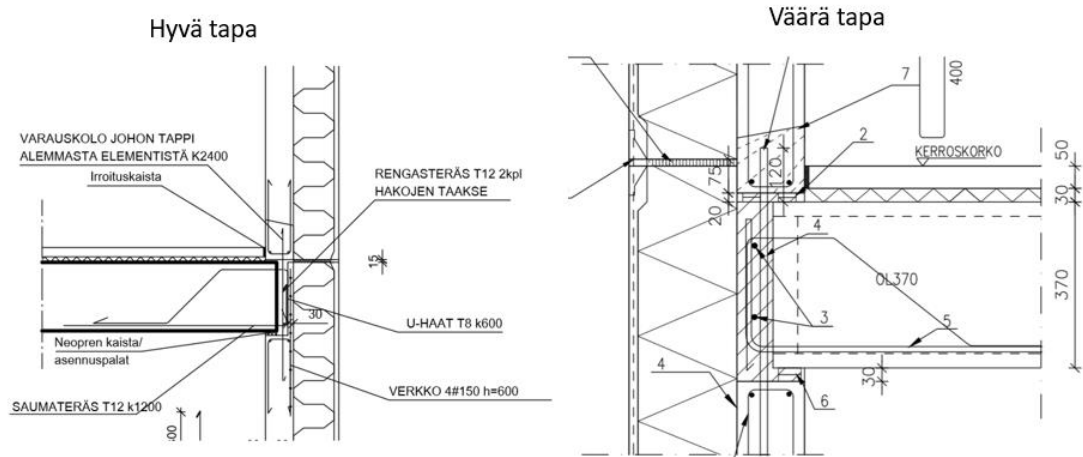
Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta väliseinäelementistä piirrettiin tyypikuva, joka on esitetty kohdeyritykselle luovutettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtiversailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.5 Sisäkuorielementit

Sisäkuorielementeissä, rapatut sisäkuorielementit mukaan lukien kohdeyrityksen eri työmailla kohtaamat ongelmat ja puutteet ovat liittyneet pääosin elementin varusteluun. Haastatteluiden perusteella todettiin, että eristeen kiinnittämistä työmaalla pidetään parempana vaihtoehtona elementtien välisten saumakohtien täydellisen eristävyyden takaamiseksi. Kuitenkin rungon asennuksen vuodenaika tulee ottaa huomioon, talvella asennettavaan runkoon, jossa käytetään sisäkuorielementtejä voi olla perusteltua asentaa eriste jo tehtaalla rungon lämmittämistä varten. Ikkunoiden apukarmipuut ja niiden yläpinnan suojaus kermikaistaleella tulee toteuttaa tehtaalla ylimääräisten nostin ja työkulujen välttämiseksi runkovaiheessa ennen ikkuna-asennuksia.

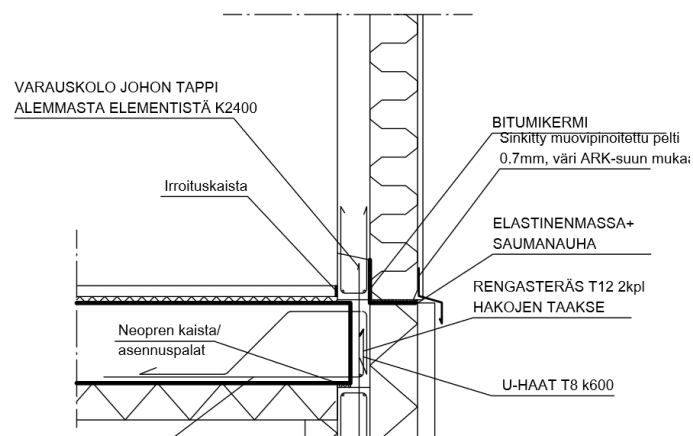
Sisäkuorielementit esiintyvät kohdeyrityksen tuotannossa lähinnä kantavilla sivuilla, parvekkeettomissa julkisivuissa. Tästä syystä sisäkuorielementtien ikkuna-aukkoihin tulee suunnitella putoamissuojat tehtaalla asennettuna. Mikäli sisäkuorielementti edessä on parveketasanne, voidaan putoamissuojat jättää laittamatta, sillä parveke asennetaan ennen seuraavan kerroksen ulkoseinäelementtiä. Mikäli rungon asennus ajoittuu loppusyksyyn tai talveen, tulee elementtien ikkuna-aukkoihin asentaa muovisuojat tehtaalla. Suojakaidenholkkien käyttö käytännöllistää putoamissuojien asentamista holville ontelolaattojen asennuksien jälkeen.

Rapatuissa sisäkuorielementeissä (SKR ja RKR) on esiintynyt samoja ongelmia kuin sisäkuorielementeissä lisättyinä eristeen rappausvillan huomioonottamatta aiheuttamiin ongelmiin. Ensimmäiseksi ongelmaksi on noussut kantavasta sisäkuorielementistä puuttunut valulippa rakenteen lämpimältä puolelta. Valulipan puuttuminen on aiheuttanut villaeristeen repeämisen elementin yläpäästä villaan kohdistuvan saumavalupaineen johdosta. Eristeen repeäminen puolestaan on aiheuttanut jälkitöitä niin valuneen saumavalun kuin eristepaikkauksien muodossa. Alla esitetty kuva 25 tästä ongelmallisesta suunnitteluratkaisusta ja hyväksi todetusta.



Kuva 25. Rapatun kantavan ulkoseinäelementin yläpinnan suunnitteluratkaisut.

Rapattavia seinäelementtejä suunniteltaessa tulee muistaa aina ottaa huomioon liittyvät rakenteet ja niiden huomioiminen liittyvien elementtien suunnittelussa. Tästä esimerkkejä ovat mm. erilaisten katoksien ja sokkelielementtien liitännät rapattuihin seiniin. Tehtaalla tulee myös aina tehdä eristetty UV säteilyltä suojaava sääsuojarappaus. Alla olevassa kuvassa on tyypillinen esimerkki rapatun sisäkuorielementin liittymisestä tuulettuvan alapohjan kantavaan sokkelielementtiin.



Kuva 26. Tyypillinen rapatun ulkoseinäelementin liitos sokkeliin.

Yllä esitetyn leikkauskuvan mukaisesti asennettavan seinäelementin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon rappauseristeen alle tuleva bitumikermiä asennus jättämällä 100mm yli vaaditun seinälle noston verran eristettyä asentamatta betonielementin alareunaan. Näin vältetään eristeen ylimääräiseltä poistamiselta alimman kerroksen rapattavasta ulkoseinäelementistä. Ylemmissä kerroksissa mahdollisten ulkopuolisten katoksien seinään liittymisissä tulee ottaa huomioon sama asia. Rapattujen ulkoseinäelementtien ikkunapenkien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota ikkunapenkien kaatoon ulkopuolella. Työn

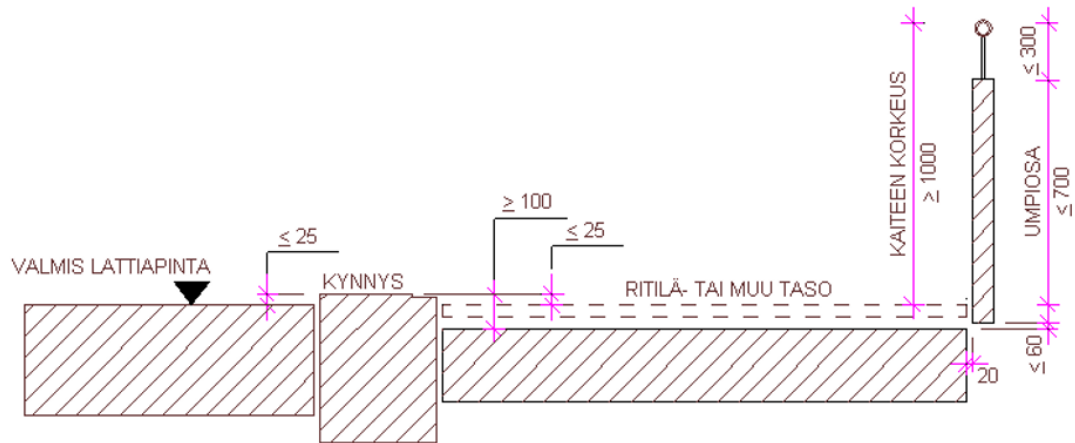
haastatteluissa ilmeni, että liian suuri kaato aiheuttaa lisätöitä mikäli ikkunan asennuskorkeus ja syvyys eivät sovi elementissä olevaan kaatoon ja peltiä ei voida valmistaa yhdellä taitoksella ja tippanokalla. Haastatteluiden perusteella kaato on parasta tehdä RT korttien minimivaatimusten mukaan (RT 80-11202). Tällä tavalla saadaan asennusvaroja ikkunapellin hyvän rakentamistavan mukaiselle asennusvaatimukselle.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta sisäkuorielementistä ja rapatusta ulkoseinäelementistä piirrettiin tyypikuvat, jotka esitetty kohdeyritykselle luovutettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtiversailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.6 Sandwich-ulkoseinäelementit

Sandwich seinäelementit pitävät sisällään paljon erinäistä detaljikkaa ja tämä elementtityyppi keräsikin haastatteluissa eniten ongelmia ja parannusehdotuksia. Ongelmat vaihtelevat elementin estetiikasta aina elementin liitosdetaljiikkaan.

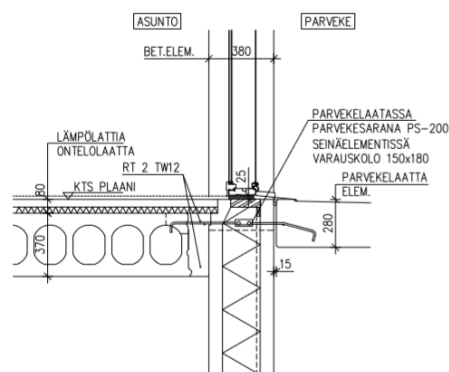
Suurimpana ongelmana koettiin parvekkeentaustaseinän (useimmiten ei kantava ulkoseinäelementti R), ontelolaataston ja parvekkeen välinen korkomaaailma. Ongelmaksi muodostuu esteettömyys vaatimuksien täyttö parvekkeelle kulun suhteen sekä oviin ja ikkunoihin liittyvät hyvän rakennustavan mukaisten peltirakenteiden toteuttaminen ilman erillisiä lisätöitä kuten peltipohjien tekoa. Ympäristöministeriön esteettömyys asetuksessa (Ympäristöministeriö 2018) sanotaan että ”oven yhteydessä ei saa olla tasoeroa tai kynnystä, ellei se ole ääni-, kosteus- tai muiden vastaavien olosuhteiden vuoksi välttämätöntä.” Asunnon sisäpuolella kynnysrajoitus saa olla maksimissaan 20mm, tai kynnys on muotoiltava siten, että sen voi helposti ylittää pyörätuolilla ja pyörillä varustetulla kävelytelineellä. Asuntokohtaisen ulkotilan kuten parvekkeen tasoero oven yhteydessä oven ulkopuolella saa olla yli 20 mm jos tasoero on kohtuudella poistettavissa ulkotilan varustelulla. Eli valmiin lattianpinnan ja kynnyksen tasoero ei saa olla yli 20mm mutta parvekkeen puolella parvekkeen lattianpinnan ja kynnyksen välinen tasoero saa olla yli 20mm. Alla olevassa kuvassa 27 esitetty havainnollistava kuva parvekkeen suositellusta korkomaailmasta.



Kuva 27. Suositeltavat parvekkeen ja siihen yhteydessä olevien rakenteiden korkoaset (Betonielementtiparvekkeet 2010).

Rakennuksen suojapellitykset RT kortti (RT 80-11202) määrää ulko-oven kynnykseen tehdään pellitys rakenteessa olevan raon peittämiseksi ja kulutuksenkestävyyden lisäämiseksi. Pellityksen tehtävänä on estää veden tunkeutumisen rakenteisiin. Kynnyspellitys on tehtävä sellaiseksi, ettei siinä esiinny viiltäviä reunoja tai kulmia.

Yhdessä alan eri vaikuttajien, suunnittelijoiden, urakoitsijoiden, rakennusjärjestöjen ja elementtitehtaiden kehitetyn betonielementtidetaljit ohjeen (Turunen) mukaan parvekkeiden yläpinta tulee suunnitella 100mm oven kynnyksen yläpinnan alapuolelle kosteusteknisistä syistä. Tällä hetkellä kohdeyrityksen tuotannossa parvekelaatan yläpinnan ja parvekkeen oven kynnyksen yläpinnan välinen korkoero on ollut kohteesta riippuen 10-30 millimetriä, alla kuvassa 28 esitetty tyypillinen esimerkki rakenne nykyisestä ratkaisusta. Lisäksi ikkunapellityksien suhteen nollakorosta lähtevät ikkunat ovat olleet kohteista riippuen pahimmassa tapauksessa mahdottomia tehdä rakennusten suojapellitykset RT kortin (RT 80-11202) minimikaadon 15-30 asteen mukaisiksi johtuen ikkunoiden minimaalisesta korkoerosta parvekkeisiin nähden.



Kuva 28. Tyypillinen esimerkki kohdeyrityksen nykyisestä parvekeoven ja sitä ympäröivien elementtien korkoasemista.

Kohdeyrityksen vahvempi siirtyminen ikkunapenkilisen parvekkeentaustaseinän käyttöön on helpottanut ongelmaa siltä osin, että ikkunan pellitykset ovat toteutettavissa suoraan betonielementin ikkunakaatoon. Suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon ikkunan asennuskorko kaatoon nähden. Työn liitosdetaljit kohdassa esitellään työssä suunniteltu detalji liittyvien rakenteiden suunnittelukorkoasemineen sekä penkillisestä että penkittömästä vaihtoehdosta. Riippuen käytetystä seinämallista, on parvekkeentaustaseinä elementin yläpinnan suunnittelu erilainen.

Huomioon otettavaa penkittömän ja penkillisen parvekkeentausta elementin vertailussa on myös se, että penkillisessä versiossa elementtiin asennettavan oven ja ikkunan välinen karmipuu saadaan asennettua paikoilleen jo tehtaalla. Penkillinen vaihtoehto siis mahdollistaa elementtityypin suuremman esivalmistusasteen. Penkillisessä vaihtoehdossa täytyy myös ottaa huomioon alapuolisen elementin oviaukon kohdalle suunniteltava tehtaalla asennettava karmipuu. Penkittömässä R-elementissä nostolenkkien sijaintien suunnittelussa tulee ottaa huomioon ikkunan ja oven välisien karmipuiden sijainnit. R- ja S-elementtien valmistusdetaljipiirustuksia tarvitaan elementtien ulkopuolen smyygeistä. Oikeilla smyygidetaljeilla varmistetaan, että ikkunoiden ulkopuolen saumaukset sekä pellitykset saadaan toteutettua siististi ja suunnitelmallisesti. Yläsmyygeihin tulee myös porata tuuletusreiät eristetilan tuuletusta varten. Tämän lisäksi ikkunapenkilissä ulkoseinäratkaisuissa tulee ikkunapenkkiin suunnitella pellin alle jäävät tuuletusurat. Ikkunauukkojen suunnittelussa on myös hyvä suunnitella aukon alareunoihin pienet sisennykset ikkunan vesipellin ylösnostojen suojausta varten. Kuten väliseinissä myös erityisesti R-kivissä esiintyvät kuljetustukiraudat tulee toteuttaa vähintään 30mm kuppisyvennyksellä raudoituksen minimi suojabetoni paksuuden takaamiseksi.

Kohdeyrityksen tuotannossa R-elementin ulkopinta viimeistellään työmaalla maalamalla ja elementin smyygien ja ikkunan väli toteutetaan elastisella saumamassalla ilman ikkunapeltejä. Elementin ulkopinta tulee siis käsitellä tehtaalla maalauspinna-alustaksi. Yleisin käytetty tapa on ollut ETCH-pintahidastimen käyttö elementin valmistuksessa yhdistettynä kevyeen hienopesuun. Elastisen saumamassan käyttö smyygin ja ikkunan ulkoreunan yhteydessä on saatu onnistumaan työmaiden välillä estetiikaltaan vaihtelevasti. Ikkunan ja smyygin välinen kulma piirretään yleisesti terävänä ja tästä johtuen se on altis sekä valmistus, kuljetus että asennus vaiheen kolhuille. Smyygin kulman kestävyyttä ja ulkonäköä voidaan parantaa piirtämällä kynäpyöröstys kyseiseen kohtaan ikkuna-aukollisissa ulkoseinäelementeissä.

Kohdeyrityksen kohteissa R ja S kivien ulkokuoria on tehty pääosin 80mm paksuina RST raudoituksella. Koska ulkokuori ei riipu kohteelle yksilöllisistä kuormista on sen raudoitus mahdollista vakioda. Tässä työssä tutkittiin mahdollisuutta tehdä ulkokuoria halvempaa ratkaisua hyväksikäyttäen. Kasvattamalla ulkokuoren paksuutta 80mm:stä 90mm:iin saadaan ulkokuoren raudoitus tehtyä betoniteräksellä ruostumattoman teräksen sijaan.

Tämän mahdollistaa ulkokuoren 10mm paksuusmuutos, jolloin taataan ulkokuoren raudoitukselle riittävät suojaetäisyydet. Alla esitetty taulukko betoniteräksen suojaetäisyyksistä kullakin rasitusluokka, käyttöikä, betoninlujuusluokka ja rakenneluokka yhdistelmällä.

Taulukko 2. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset (Betonirakenteiden suunnitteluperusteet 2009).

Kriteeri	Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,du}$ (mm)							
	Rasitusluokka eurokoodin EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä ¹⁾	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Minimilujuusluokka ²⁾	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45
Valittu lujuusluokka \geq	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

1) Jos rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, on myös muut säilyvyysvaatimukset tarkistettava RakMK B4 (SFS-EN 206-1 kansallinen liite) mukaisesti.

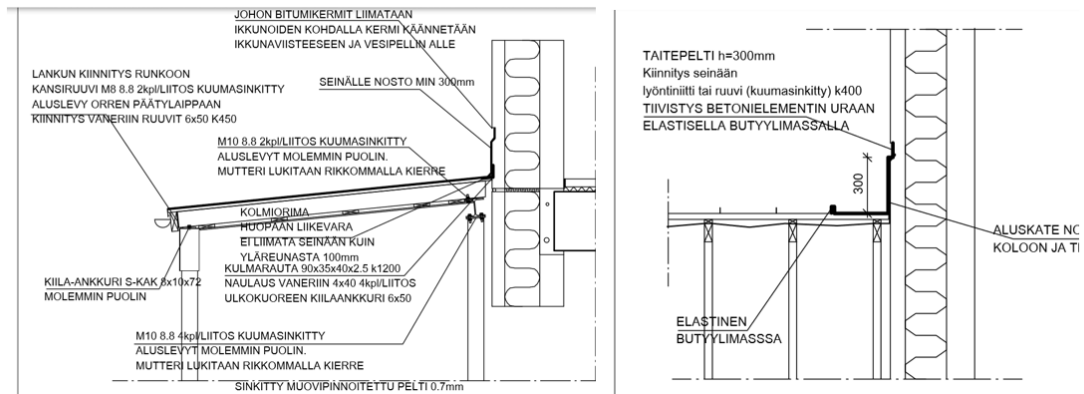
2) Minimilujuusluokat on määritetty soveltaen SFS-EN206-1 kansallista liitettä

Ulkoseinäelementtien ulkokuoreen kohdistuva rasitusluokka on XC4 mikä tarkoittaa 25 millimetrin minimi suojaetäisyyttä lujuusluokan C30/37 betonilla. Asuinkerrostalon betonielementtien tyypillinen suunnittelu käyttöikä on 50 vuotta, joten tästä ei tule lisävaatimusta suunnittelukäyttöiälle. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukseen tulee ottaa myös huomioon raudoituksen asennuksen mittatoleranssi, joka on 10mm. Tällöin kokonaisuojaetäisyydeksi raudoituksella saadaan 35mm, jolloin 80mm ulkokuoren raudoitukselle jää poikkileikkaukseen tilaa vain 10mm. Tyypillisen raudoituksen ollessa T8 150 verkko ja vähintään 5mm pieliteräkset, ei suojaetäisyyteen päästä. Ulkokuoren paksuuden kasvattamisella 90mm ulkokuoren raudoitus onnistuu ilman ruostumatonta terästä ja tällä on mahdollista saavuttaa 2-5€/m² halvempi hankinta hinta ulkoseinäelementeille.

Kuten sisäkuorielementeissä, myös ulkoseinäelementit tulee varustaa kapu kaideholkeilla käytännöllisen ja nopean putoamissuojauksen toteuttamiseksi. Ikkuna- ja oviaukkoihin tulee suunnitella muovinen aukkosuojaus, mikäli rungon asennus tapahtuu talviaikaan ja eriste tulee suojata suojamuovilla elementin yläpuolelta. Putoamissuojaukset tulee suunnitella kaikkiin aukollisiin elementteihin, joissa ei ole oviaukkoa. Johtuen elementtien asennusjärjestyksestä parvekkeentaustakiviin (yleisesti kaikki R-kivet) ei tarvita putoamissuojakaiteita sillä edellisen välipohjan parveke asennetaan ennen ulkoseinää.

Sandwich ulkoseinäelementtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös ulkopuolisten rakennelmien liitos seinään. Kohdeyrityksen tuotannossa esiintyy erityisesti sisäänkäyntikatoksien liittymisiä sandwich seinäelementtiin. Tämän lisäksi vesikattoja on toteutettu useissa kohteissa eri tasoissa (esim. IV konehuone ylempänä) jolloin alemman vesikatton tason vedeneristyksen ylösnosto tulee huomioida ylemmän kattotason alapuolisessa seinäelementissä. Kyseiset kohdat ovat rakennuksen tiiveyden kannalta oleellisia ja työmaalla tehtävät roiloukset on koettu hyvin epävarmoiksi ratkaisuiksi tiiveyden kannalta.

Sandwich elementtien suunnittelussa tuleekin ottaa huomioon näiden eri kattotasojen vaatimat ylösnostot ylösnostouran suunnittelulla alla esitetyn kuvan 29 mukaisesti.



Kuva 29. Katoksien tai katon korkoerojen huomioiminen liittyvissä ulkoseinäelementeissä.

Edellä esitetystä väliseinä kappaleesta esitettiin vaakasuorien sähköputkitusten käyttöehdotus ratkaisemaan sähköputkitusten korko-ongelmia lattian plaanon nähdessä. Tämä tulee ottaa huomioon myös ulkoseinäelementeissä. Kohdeyrityksen parvekkeet ovat aina varustettu vähintään yhdellä pistorasiolla, joten tätä varten täytyy suunnitella varaus seinän yläreunaan, josta putkitus tehdään väliseinän ja ulkoseinäelementin kulman kautta väliseinä vaakaputkitukseen. Mikäli käytetään perinteistä lattian kautta toteutettavia sähköputkituksia, tulee alemman kerroksen ulkoseinän yläreunaan parvekepistorasian kohdalle suunnitella varaus sähköputkitusten lattian sisäänvedon mahdollistamiseksi ilman alemman elementin piikkaustöitä. Myös mahdollisten asunnon sisäpuolisten pistorasioiden sähkövaraukset parvekkeentaustaseinässä tulee ottaa huomioon alapuolisessa parvekkeentaustaseinässä.

Suosittelun maksimikorkeus parvekeoville on noin 2400mm. Parvekeovet voidaan kuitenkin toteuttaa korkeampina, erillisen oven yläpuolelle asennettavan kiinteän ikkuna avulla. Ikkunat valmistetaan aina projektikohtaisten suunnitelmien mukaan eikä näillä näin ollen ole varsinaisia vakiovalmistuskokoja. Moduulimittaisten ikkunoiden karmin korkeus ja leveys valmistetaan 10 mm liittymismittaansa pienemmäksi. Johtuen seinien mahdollisista kierouksista, suositeltavana suunniteltavana tilkevarana pidetään 15mm-30mm. Tilkevaraa ei tule kuitenkaan suunnitella liian suureksi sillä tällöin myös uretaanin molemmille puolille pistettävän elastisen saumaussmassan paksuus kasvaa myös ja tämä lisää ikkunoiden eristyskustannuksia huomattavasti.

Uudet turvalasimääräykset määrittelevät asuntojen ikkunoiden lasit toteutettavaksi joko laminoituna tai karkaistuna tavallisen 6mm rakennuslasin sijaan mikä nostaa ikkunoiden kustannuksia. Kun mietitään kohdeyrityksen tyypillistä asunnon parvekkeen ovi ja ikkunayhdistelmää olisi kustannustehokkain ratkaisu olisi tehdä asuntojen oviaukon viereiset sekä julkisivun irtonaiset ikkunat siten että ikkunan lähtökorko olisi vähintään 700mm

Oleellista parvekelaattojen suunnittelussa on parvekkeelle tai parvekkeelta tulevan veden kontrollointi. Kohdeyrityksen valmistuneissa kohteissa tässä on onnistuttu pääosin hyvin mutta poikkeuksiakin löytyy. Parvekelaattoja on suunniteltu kaatamaan taloon päin, parvekelasien asentamatta jättämistä ei ole huomioitu parvekelaattojen suunnittelussa ja vesikaton vedenpoiston parvekelaatan varausreiät ovat olleet liian suuria mikä aiheuttaa ylimääräisen tiivistys tarpeen. Parvekelaatta tulee suunnitella kaatamaan julkisivusta pois päin ja kuppilaattaa käyttäessä täytyy parvekelaatta varustaa tulvauralla. Mikäli parvekkeita ei lasiteta rakennusaikana, tulee parvekelaatan alapintaan suunnitella tippaurat vapaille sivuille estämään parvekelaatan otsalta valuvan veden kulkeutumista pidemmälle alapuolisen asunnon parvekkeelle. Kattolaatat suunnitellaan samaan tapaan ilman pesu-betonipintaa.

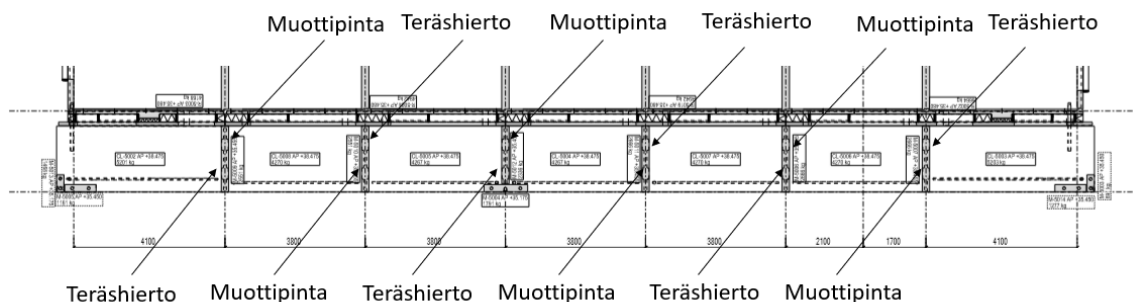
Mikäli asuinkerrostalokohteen vesikaton vedenpoistoa ei voida toteuttaa ulkopuolisena ja vedet joudutaan johtamaan parvekkeiden läpi sadevesikaivoille, tulee tämä ottaa huomioon parvekelaattojen vesikattovesiputkien varauksissa. Toteutettaessa vesikaton vedenpoisto parvekkeiden kautta, tulee tarvittava vedenpoisto mitoittaa ennen parvekelaattojen tuotantokuvien tekoa ja valita tämän perusteella oikein kokoinen reikä vedenpoistojärjestelmään sopivalle valmisosalle. Soveltuvissa valmisosissa tulee konsultoida sadevesijärjestelmän toimittajaa. Putkikoon mitoitus on tapauskohtaista mutta esim. vedenpoistoputken ollessa halkaisijaltaan 75mm teräsputki, parvekelaattoihin tulee tehdä halkaisijaltaan 82mm leveä ympyränmallinen reikä, jolloin vedenpoistoputkien asennuksen yhteydessä kyseiseen kohtaan voidaan asentaa valmis palokatkon sisältävä kaivo-osa.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta parvekelaattaelementistä piirrettiin tyypikuva, joka esitetty liitteessä kohdeyritykselle jaettavassa suunnitteluohjeistuksessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtiversailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

6.1.8 Piel- ja pilariementit

Pilari- ja pielielementeissä esiintyneet suurimmat ongelmat kohdeyrityksen tuotannossa ovat rajoittuneet pääosin elementtien pintoihin sekä liitostekniikkaan. Kaikissa tähän asti valmistuneissa kohteissa yhtenä ongelmana on esiintynyt parvekkeen sisäisten pieliseinäelementtien laatuero pinnoissa. Kaikissa kohdeyrityksen kohteissa parvekepielet on sijoitettu runkoon paikoilleen siten että toisen parvekkeen väliseinäelementin pinta on siileä muottipintaa ja toinen puolestaan vaihtelevan laatuista teräshiortopintaa. Tämä aiheuttaa erityisesti kuluttajan silmään ylimääräistä epätasalaatuisuuden vaikutelmaa. Ongelma on ratkaistavissa ohjeistamalla rakennesuunnittelija sijoittamaan elementtiplaniin kivet niin että jokaiselle parvekkeelle tulee kahta samankaltaista pielielementin pintaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että joka toisella parvekkeella väliseinäpielielementtien

pinta on sileää muottipintaa ja joka toisella parvekkeella seinät ovat teräshiertopintaa. Alla kuva havainnollistamaan ratkaisua.



Kuva 31. Kantavien parvekepieliementtien pintojen suunnittelu.

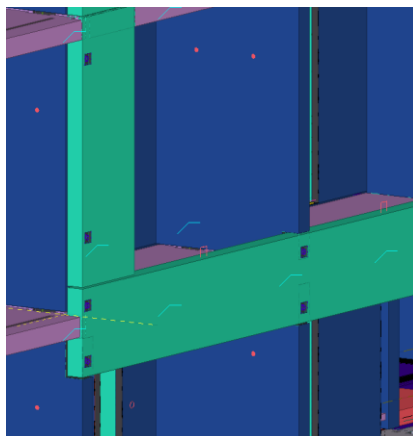
Itse parvekepieliementeissä ongelmia on tuottanut varustelu ja viimeistely. Pielissä on käytetty valuankkureita tai sinkittyjä nostoelimiä (kääntökivet) jotka ovat lähteneet ruostumaan. Kaikki pielen näkyviin jäävät teräsosat tulee suunnitella ruostumattomina. Viimeistelyn kannalta ylimääräistä työtä ovat tuottaneet pieliementtien epäsiistit kulmat sekä julkisivun päädyn epätasaisuus. Kulmien siistimiseksi pieliementin kaikkiin reunoihin tulisi suunnitella viisteet 10mm*10mm tai vähintään kynäpyöritykset ($r=3\text{mm}$). Pielielementin näkyvien päätyjen paremman laadun takaamiseksi elementtien valmistuskuviin tulee piirtää mitkä sivut jäävät näkyväksi pinnaksi.

Pielielementtien liitosdetaljia on toteutettu kohdeyrityksen tuotannossa sekä perinteisellä kierretanko tartunta liitoksella että sidontapistevarauksin. Sidontapistevarauksien käyttöä pieliementeissä tulee välttää sillä kyseisten pintojen lopullisen pinnan ollessa maalattu, on jälkikäteen betonilla täytettyjen sidontapistevarauksien pinta vaikeaa saada erottumattomaksi muusta pielen pinnasta. Sidontapistevarauksien käyttö tuo myös varauksien jälkikäteen täytön myötä ylimääräistä työtä pieliementtien asennusprosessiin. Liitos tulee suunnitella lisäämällä kierreankkurit pieliementin pohjaan, joihin asennuksen yhteydessä lisätään kierretangot, jotka jäävät tartunnoiksi parvekelaattojen väliseen saumaan sijaiten parvekelaatan tartuntaterästen välissä. Pielen yläpuolisena tartuntana parvekelaattojen välisessä saumavalussa toimivat pielen nostolenkit. Pilarielimenteissä saman liitostekniikan käyttö on suositeltavaa. Saumavalun valumisen estämiseksi pilari ja pieliementteihin on hyvä suunnitella jo tehtaalla asennettavaksi 20mm paksut neopreeninauhat joiden päälle parvekelaatta saadaan suoraan asennettua. Neopreenikumin sopiva etäisyys pieliementin näkyvistä pinnoista on 10 millimetriä.

Monissa kohdeyrityksen kohteissa on parvekkeiden yhteyteen tehty erilaista paikallamuurattua tai maalattavaa julkisivua arkkitehtonisesti rikkomaan julkisivun kantavien rakenteiden perusmuotoja. Myös tiiliverhoillun parvekkeen kuorielementin käyttö on ollut yleistä. Molemmista näissä tavoissa ongelmana on ollut näiden osien liittäminen parvekkeisiin. Tähän asti liitos on toteutettu Peikon P4X liitoksella, mutta tätä ratkaisua ei olla koettu kovinkaan käytännölliseksi liian tiukkojen asennustoleranssien suhteen. Monissa

kohteissa on jouduttu turvautumaan erilaisiin lisätöihin kaide-elementtien paikalle saamiseen P4X osilla.

Tämän työn pilottikohteen asemakaava määrää julkisivun saumattomaksi. Parvekkeiden eteen siis tulisi asentaa betoninen kuorielementti, johon pystytään työmaalla toteuttamaan tiilimuuraus. Kohteeseen suunniteltiin ratkaisu, jossa nämä myöhemmin muurauksella peitettävät julkisivupielielementit asennetaan kantavien pielen varaan ja ankkuroidaan kierretangoilla, aluslevyillä ja muttereilla vaakasuuntaisesti myös kantavaan parvekepielielementtiin. Alla kuva havainnollistamaan tätä ratkaisua.



Kuva 32. Pielielementtien asentaminen kantavien pielen varaan.

Yllä esitetyssä kuvassa 33 julkisivun pielielementit ovat siis asennettu kantavien pielen varaan ja julkisivupielielementtien ankkurointi runkoon on toteutettu kierreankkuri ja pultti liitoksen avulla. Ratkaisulla vältetään kulmateräksien käytöltä julkisivupielielementtien runkoon ankkuroinnissa sekä asennuksen kannalta hankalaksi todettujen P4X-osien käytöltä pieli- ja parveke-elementeissä. Tämä malli soveltuu vain paikalla muuratun tai muuten peitettävän julkisivun pohjaksi julkisivupieli- kierretanko varauksien vuoksi. Paikalla maalattavat tai erilaiset väribetoniset pielielementit tulee kiinnittää runkoon perinteisillä pieli-parvekelaatta tartunta – jälkivalu liitoksilla ja mahdollisesti P4X-osien avulla, mikäli kohteen arkkitehtuurista johtuen julkisivupielielementtejä ei pystytä asentamaan toisen pielen ja parvekelaatan päälle.

Yllä esitettyjen seikkojen pohjalta parvekkeen pieli- ja pilarielementeistä piirrettiin tyypikuvat, jotka ovat kohdeyritykselle luovutettavassa suunnitteluohjeessa. Tyypikuvan tiedot kuvaavat elementtivertailun pohjalta laadittua tyypillistä kohdeyrityksen elementtiä.

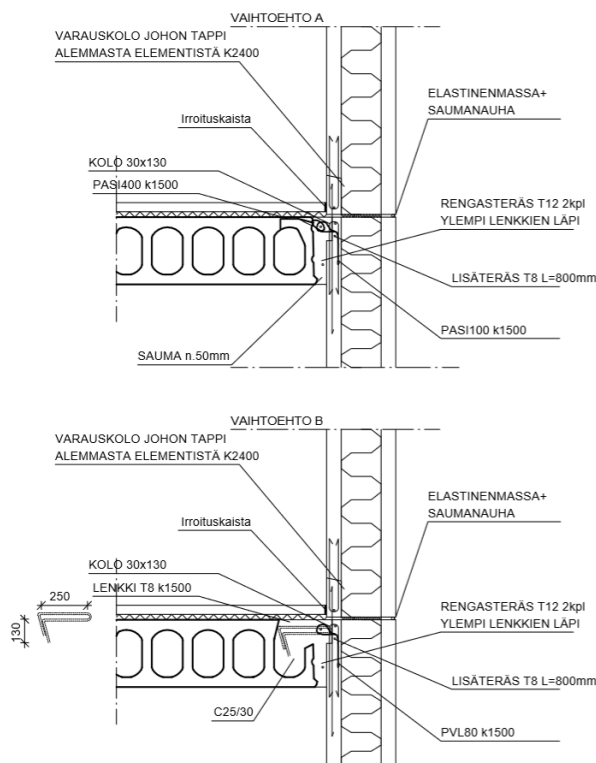
6.1.9 Ontelolaatat

Ontelolaattojen suunnittelu- ja työmaatekniset ongelmat ovat liittyneet lähinnä ylimääräisiin sahauksiin ja porauksiin. Näitä on syntynyt tuotteen ymmärtämisen puutteesta, suunnitteluvirheistä. Ontelolaattojen suunnittelussa kylpyhuoneen kohdalle tuleekin ottaa

huomioon siihen hankkeen runkovaiheen aikana mahdollisesti liittyvät seinärakenteet. Mikäli hankkeessa käytetään ACO-seinää kylpyhuoneen seinänä, tulee syvennys pyrkiä jatkamaan niin pitkälle, että ACO seinä saadaan asennettua suoraan syvennykseen. Tällä vältetään mahdollinen liian lyhyiden tai pitkien ACO seinien tilaaminen työmaalle.

Tämän lisäksi yrityksen eri työmailla on ollut vaihteleva tapa toteuttaa kylpyhuone syvennykset. Osassa kohteista on käytetty 370mm paksua kylpyhuoneen kohdalla kolottua kololaattaa ja osassa on käytetty koko asunnon leveyden matkalla O20 ontelolaattaa, jolloin syvennys jatkuu kohdeyrityksen kohteissa eteiseen asti. O20 laatan käyttöä puoltavat keittiön O20 laattojen halvempi hinta sekä O20 laattaa käytettäessä vältetään myös työmaalla tehtävistä viemäriurien sahaamiselta. Toisaalta O20 laatan eteiseen täyttöihin menee enemmän betonia ja runkovaiheen aikana kulku asuntoihin vaikeutuu, erityisesti ikkuna-asennuksien kannalta. Tässä työssä tehtiin kustannusvertailu näiden kahden ratkaisun välillä ja O20 laatan käyttö kylpyhuoneissa todettiin kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi. Tämän ratkaisun hyvänä puolena on myös onteloiden käyttö kylpyhuoneen alapuolella. Monissa kohdeyrityksen kohteissa kylpyhuoneen kololaattojen kastuminen runkovaiheen aikana on viivästyttänyt laatoitustöiden aloitusta johtuen liian kosteista vedeneristysolosuhteista. Tästä ei ole dataa olemassa mutta yleisesti yrityksessä katsotaan syyksi kosteille olosuhteille kololaatan kastuminen runkovaiheen aikana. Käytettäessä O20 laattaa O37 kololaatan sijaan saadaan kylpyhuoneen alla olevaan välipohjaan ontelot, joilla mahdollistetaan välipohjan parempi kuivuminen ennen kylpyhuoneisiin valettavia maakosteita. Täytyy kuitenkin huomioida, että kaikissa kohteissa O20 laatan käyttö ei ole mahdollista. Mikäli välipohjalta vaaditaan REI 120 palonkestoaikaa, ei O20 ontelolaattaa pystytäkään käyttämään ilman alapuolista, ylimääräistä palonsuojausta.

Ontelolaatastojen suunnittelussa voidaan saavuttaa kustannussäästöjä myös rungon asennuksessa. Laataston suunnittelussa tulee pyrkiä välttämään ontelolaataston reunoille tulevia palkkiraudoituksia. Julkisivurakenteiden kiinnityksiä laatastoon voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Ontelolaattoihin valmistusvaiheessa asennettavien vaijerilenkkien avulla tai tartuntateräksillä lyhyeltä matkalta puhkaistuun ontelolaatan yläosaan. Tavat esitetty alapuolella kuvassa 33.



Kuva 33. Julkisivurakenteiden kiinnitysvaihtoehdot laatastoon.

Näistä vaihtoehtoista vaihtoehto B tuottaa halvemmat välittömät kustannukset ontelolaattojen valmistusvaiheessa. Vaihtoehtoa B käytettäessä lisäkustannuksia tulee kuitenkin huomattavasti työmaalla varausreikien puhkaisussa. Kohdeyrityksen tyypillisessä kerrostalokohteessa samalla sivulla on jo valmiiksi kaksi varausreikää parvekelaattojen parvekesaranoita varten. Kaikkia lisävarauksia ei yleensä pystytä toteuttamaan tehtaalla sillä ontelolaatan nostokapasiteetti kärsii. Tästä syystä varauksia joudutaan sahaamaan työmaalla jälkikäteen. Vaijerilenkkien käytössä myös reunimmaisen ontelolaatan reunimmaisen ontelon vesireikien poraus yksinkertaistuu, kun tiedetään että onteloon jää kolme tyhjää onteloväliä, parvekesaranoita varten puhkaistujen ontelovarauksien molemmille puolille.

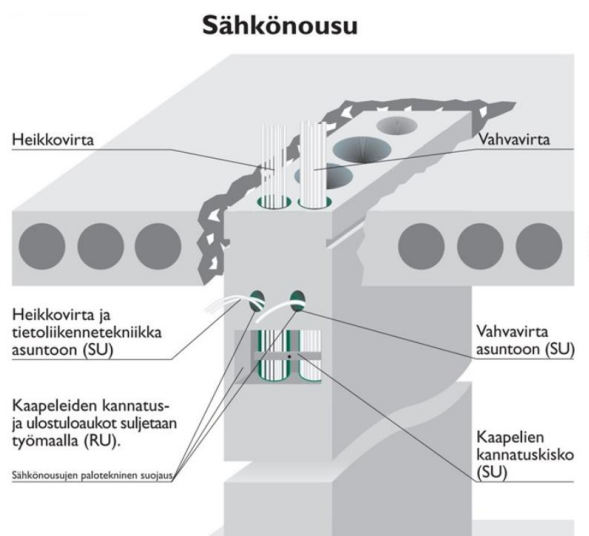
Osassa kohdeyrityksen kohteista ei-kantavien seinäelementtien puolella, reunimmainen ontelolaatta on suunniteltu saumavalun toteutuksen kannalta liian lähelle seinää. Tällöin rengasraudoitus on vaikeaa toteuttaa ja betonivalun tiivistyminen sauman alapintaan kärsii. Ontelolaatan suunnitteluohjeistus antaa suositeltavaksi reunasauman mitaksi 50-160 mm. Tätä suuremmissa saumoissa tarvitaan lisäterästystä vaijerilenkkien yhteen sitomisessa. Työmaalla ennen saumavalua suoritettavan tukkolaudoitus työn helpottamiseksi suositeltava reunasauman leveys on 50-90mm. Tällöin sauman tukkolaudoitus on helppointa tehdä kiilaamalla 22x100 sahatavaraa saumaa vasten alapuolelta. Laataston kapasiteettia vaakasuoria vetovoimia vastaan voidaan nostaa palkkiraudoituksien, tartuntojen jatkamisella toiseen onteloon tai muuten ankkuroimalla tartuntateräksiset laattojen väliseen saumaan. Osalla kohdeyrityksen työmaista, käytävän väliseinän ja reunimmaisen

ontelolaatan sauma on sisältänyt ylimääräistä työtä johtuen ylimääräisestä palkkiraudoituksesta. Työssä saumaan kehitettiin uusi detalji tästä kohdasta, jonka tarkoituksena on sekä helpottaa käytävän väliseinien asennusta että poistaa palkkiraudoituksen tarve ontelolaataston käytävän väliseinän puolella. Detalji esitellään työn liitokset ja detaljit kappaleessa.

Kohdekohtaisesti riippuen kohteen palo- ja kantavuusmääräyksistä, voi ontelolaattojen saumoissa sallittujen sähköputkien määrä vaihdella. Sähkösuunnittelijan vastuulla on varmistaa rakennesuunnittelijalta ennen kohteen sähkösuunnittelun aloitusta ontelolaattojen saumoissa vietävien sähköputkien maksimimäärä ja tarvittaessa suunnitella sähkövarausurat ontelolaattojen päätyihin tarvittavilta osin.

6.1.10 Hormit

Hormien sähkökannakointi on tuottanut ongelmia kohdeyrityksen muutamilla työmailla riippuen hormitoimittajasta. ST-käsikirjassa (ST-käsikirja 2009) sanotaan ”Pystysuorassa kanavassa, jossa ei normaalisti liikuta, on suurimpana kiinnityspisteiden etäisyytenä pidettävä 3 metriä”. Näin ollen hormoneissa sijaitseviin sähkönousuputkiin tulisi tehdä vedonpoisto alla, kuvassa 34 esitetyllä tavalla jokaisessa hormissa, jokaisessa kerroksessa.



Kuva 34. Sähkökannakointien oikea toteutustapa.

Kaapeleiden ulostuloaukon koon täytyy kuitenkin olla riittävän suuri, jotta vedonpoisto voidaan käytännössä toteuttaa. Vedonpoistoaukot tulee suunnitella vähintään 150mm kertaa 150mm kokoisina. Oleellista on myös varmistaa, että sähkökannakointi varaukset toteutetaan kylpyhuoneen alakatto koron yläpuolelle.

Sähkökannakoinnin lisäksi hormin viemärivarauksen korko on aiheuttanut ylimääräistä työtä monissa kohdeyrityksen asuinkerrostalokohteissa. Hormin viemäriputken ulostulo-oreikä on jäänyt kylpyhuoneen puoleisen kololaatan yläpinnan alapuolelle siten että ko-

lolaatan yläpintaa on jouduttu piikkaamaan viemäriputken liittämiseksi. Hormisuunnittelun toteuttaa hormivalmistaja, hormin viemärikoron tarkastaminen ennen hormien tuotantoon panoa on hyvä tapa estää ylimääräisiä piikkaustöitä viemäriputken hormiin liittämiseksi.

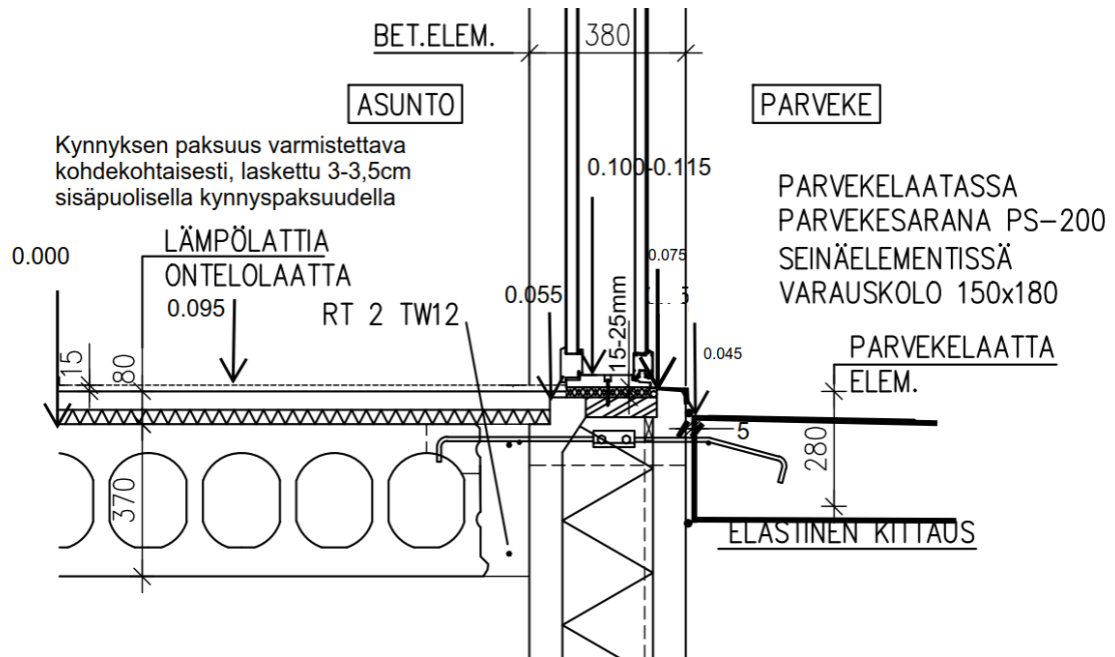
Hormi sijaitsee kylpyhuoneessa ja kuten väliseinissäkin kylpyhuoneen kohdalla, tulee hormin kylpyhuoneen puoleinen pinta käsitellä valmiiksi laatoitusalueksi SisäRYL:in (RYL 2012) laatoitusalueesta vaatimuksien mukaan. Tämä tarkoittaa sementtiliiman poistamista hormin asunnon puoleisesta sisäpinnasta.

6.2 Liitokset ja detaljit

Työn tuloksena kehitettiin detaljeja kohdista, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia työmailla tai joista on aiemmin puuttuneet selkeät detaljit. Detaljit on tehty seuraavista kohdista ja ne on esitetty myös suunnitteluohjeessa.

1. Parvekkeen korkomaailma
2. Käytävän massiivilaatan, väliseinän ja ontelolaatan liittymä
3. Leikkauskuvat

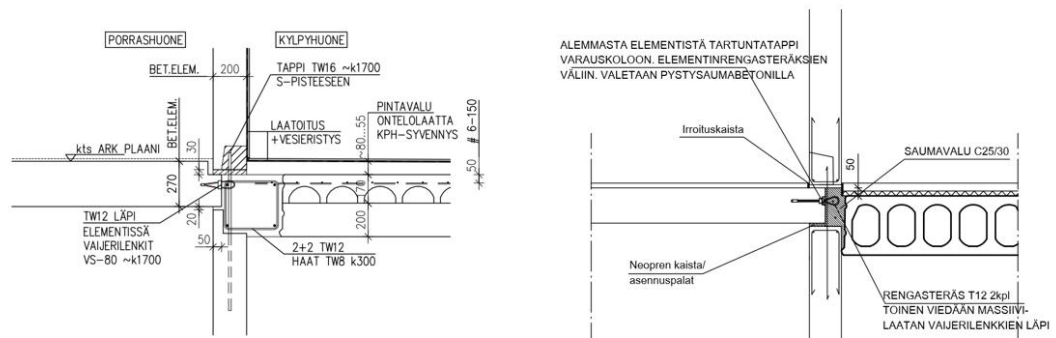
Kuten aikaisemmin mainittiin, parvekelaatan ja parvekkeentaustaseinien ikkunoiden välisestä korkotasojen aiheuttamasta ikkunoiden pellitysongelmasta on päästy eroon yrityksen johdon tekemällä vakiointi päätöksellä tehdä parvekkeentaustaelementit ikkunapenkiksi. Tämä päätös ei kuitenkaan poista parvekeoven kynnyksen ja parvekelaatan korkoero ongelmaa. Lisäksi päätös jakaa mielipiteitä siitä onko asunto mennyt tällä ratkaisulla parempaan suuntaan käyttäjän kannalta. Tästä syystä tässä työssä pureuduttiin vielä lisää syihin miksi penkittömät ikkunaratkaisut ei olla katsottu hyviksi yrityksessä ja millä tavalla tämän voisi korjata ratkaisuksi, joka täyttää RT korttien vaatimukset pelli-tyksien osalta mutta samalla on toteutettavissa suoraan elementtiä ja sen liittymää jatkojalostaen. RT korttien, parvekeoven vakio kynnyspaksuuden sekä esteettömyysvaatimusten pohjalta kehiteltiin ratkaisu, joka on esitetty alla olevassa kuvassa 35.



Kuva 35. Parvekkeen oven liittyminen ympäröiviin rakenteisiin korkoasemiltaan.

Ratkaisu poikkeaa kohdeyrityksen nykyisistä suunnitteluratkaisuista parvekkeen korko-aseman ja ikkunan liitettävän ulkoseinäelementin detajjikan kannalta. Ratkaisussa on huomioitu normaali parvekeoven kynnyspaksuus, tilkevarat, kynnyspellin asettuminen sekä esteettömyysvaatimukset.

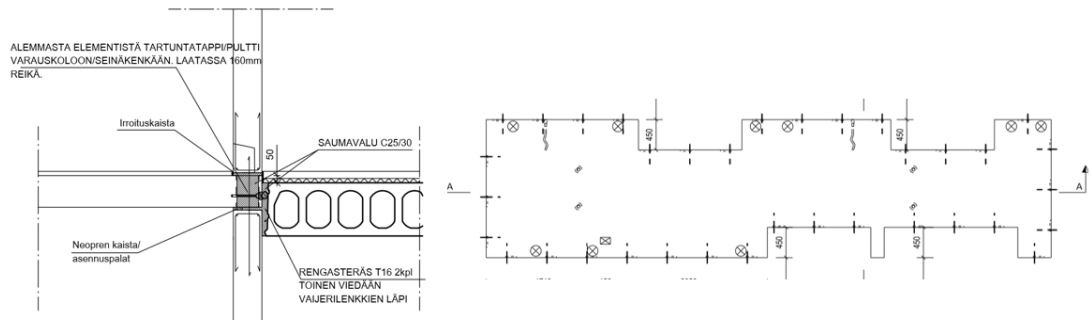
Käytävän massiivilaatan, käytävän väliseinän ja ontelolaatan välisessä liitoksessa ongelmaksi ovat muodostuneet mahdolliset korotusvalut tai ylimääräistä työtä aiheuttavat palkkikiraudoitukset. Alla kuvat havainnollistamaan näitä ratkaisuja.



Kuva 36. Yrityksen nykytuotannon esimerkkiratkaisuja käytävän ja asunnon väliseen välipohjaliitokseen.

Tähän kohtaan haluttiin kehittää ratkaisu holvin reunavalun raudoituksen vain saumojen ympäri kulkevilla rengasteräksillä mutta toisaalta myös mahdollistaa seuraavan kerroksen väliseinän asennus suoraan jo asennetun elementin tai saumavalun päälle. Ratkaisuksi

muodostui alapuolisen käytävän väliseinän lipan poistaminen, massiivilaatan levittäminen ja tartuntojen lisääminen, joka mahdollistaa seuraavan kerroksen käytävän väliseinän asentamisen suoraan massiivilaatan päälle. Leikkauskuva esitetty alla olevassa kuvassa.



Kuva 37. Uusi välipohjan liitosratkaisu käytävän väliseinän ja asunnon välille.

Kuten yllä olevasta kuvasta 37 huomataan, uusi ratkaisu vaikuttaa käytettävän massiivilaatan suunnitteluun. Massiivilaatta tulee reunoiltaan varustaa tartuntatappi varauksin.

Näiden detaljien lisäksi suunnitteluohjeeseen lisättiin perinteiset leikkauskuvat kaikista oleellisista, kohdeyrityksen tuotannossa jatkuvasti toistuvista leikkauksista. Leikkauskuviin on huomioitu kaikki tämän työn aiemmissa vaiheissa esitetyt elementtien ja elementtitiitoksien erityispiirteet.

6.3 Suunnitteluohjeet

Työn tulosten perusteella laadittiin ARK-, RAK-, SÄH- ja LVI-suunnittelijoille suunnitteluohjeet, joiden tarkoituksena on antaa suunnittelijalle peruslähtökohtia kohdeyrityksen kerrostalokohteiden suunnittelutyöhön. Ohjeisiin on tässä työssä koottuja hyviä käytäntöjä edistäviä suunnitteluratkaisuja, jotta itse rakennesuunnitteluvaiheen suunnittelussa päästään keskittymään projektin yksilökohtaisiin piirteisiin eikä samoja asioita tarvitse suunnitella uudestaan.

Suunnitteluohjeessa on esitetty tämän työn aiemmassa vaiheessa läpikäytyjen tyyppielementtien parannusehdotuksia sekä yleisiä kohdeyrityksen kerrostalo tuotannon yksinkertaistamiseksi laadittuja työmaalta saatuja kehitysehdotuksia.

Näiden detaljien lisäksi suunnitteluohjeeseen lisättiin perinteiset leikkauskuvat kaikista oleellisista, kohdeyrityksen tuotannossa jatkuvasti toistuvista leikkauksista. Leikkauskuviin on huomioitu kaikki tämän työn aiemmissa vaiheissa esitetyt elementtien ja elementtitiitoksien erityispiirteet.

7. YHTEENVETO

7.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kohdeyrityksen tämän hetken kerrostalotuotannossa esiintyvät epäkäytännölliset, ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavat sekä tuotteen loppulaatua heikentävät suunnitteluratkaisut rakenteiden, liittymien ja detaljien osalta sekä löytää näihin tuotannon ja lopputuotteen laadun kannalta tehokkaammat ratkaisut, joita kohdeyritys voi käyttää kaikissa kerrostalokohteissaan. Tämän tavoitteen saavuttamisen kautta pyrittiin kehittämään kohdeyrityksen suunnittelu-, hankinta- ja rakennusprosesseja niin laadun, kustannusten kuin tuotannon sujuvuuden kannalta.

Kirjallisuusselvityksen tarkoituksena oli tutustua perustajaurakointi hankkeen kulkuun, pääurakoitsijan rooliin ja sen merkitykseen hankkeessa sekä selvittää vakioinnin tuomia hyötyjä liiketoimintaan erityisesti rakennusosalalla. Erityisesti kirjallisuusselvityksessä tutkittiin vakionnin vaikutusta suunnitteluprosessiin ja suunnittelunohjaukseen sekä hankintatoimeen. Hankinnan kokonaisvaltaisuutta voidaan tukea esimerkiksi tutkimalla kussakin urakkakokonaisuudessa esiintyviä ylimääräisiä lisätoimia, joita jo toteutettujen kohteiden sopimuksiin ei olla osattu kirjata. Tällaisen tutkimuksen suorittamisen seurauksena myös todennäköisesti löydetään lisää vakioitavaa kyseisen urakan työkohteen rakennusosien sisällön suunnitteluun.

Kohdeyrityksen nykytuotannon tilaan ja sen hyviin sekä huonoihin puoliin tutustuttiin kyselyn, haastatteluiden ja jo valmistuneiden kohteiden dokumentaation avulla. Näihin asioihin tutustumalla, kohdeyrityksen kerrostalotuotannon huomattiin olevan suurilta kokonaisuuksilta hyvin pitkälle vakioituja. Suurissa suunnittelukokonaisuuksissa havaittiin esiintyvän pientä vaihtelua eri rakennesuunnittelutoimistojen välisissä suunnitelmissa sekä myöskin kohdeyrityksen sisäisesti eri liiketoimintayksiköiden välillä. Kyselyiden, haastatteluiden ja jo toteutuneiden kohteiden vertailun avulla havaittiin myös paljon pieniä, kohdekohtaisesti vaihtelevia ylimääräistä työtä synnyttäviä suunnitteluratkaisuja. Tunnistettut ylimääräistä työtä aiheuttaneet ratkaisut liittyivät pääosin rakenneosan liittymiseen muihin rakenteisiin tai täydentäviin rakenteisiin. Nämä pienet rakenneosien ja täydentävien rakenneosien yhteensovittamisen tuomat ongelmat aiheuttavat kerrostalokohteissa, joissa toiston määrä on suuri, paljon ylimääräistä työtä ja kustannuksia, joten niiden karsiminen on ensisijaisen tärkeää tuotannon virtaviivaistamisen kannalta.

Tunnistettujen kohdeyrityksen nykytuotannossa esiintyneiden ongelmien perusteella luotiin mallityyppielementit ja suunnitteluohje sekä suunnittelijoiden että kohdeyrityksen työntekijöiden avuksi. Luodut mallityyppielementit kuvaavat valmiita tuotantokuvia, tässä työssä ei oteta kantaa siihen mitä tietoja elementtien hankintavaiheessa tehtäville lä-

hetettäviin tyyppielementtikuviin tulisi sisällyttää edullisimman hankintahinnan takaamiseksi riittävällä informaatiolla. Mallityyppielementit sekä suunnitteluohje toimivat ohjeistuksena suunnittelun peruslähtökohtiin sekä ikään kuin tarkistuslistana kohdeyrityksen suunnittelun ohjaajille ja projektin hankintahenkilöstölle. Tyyppielementit kuvaavat normaalia, yksinkertaista kohdeyrityksen kerrostalokohdetta. Kohteen yksilölliset piirteet vaikuttavat missä määrin mallielementtien varustelua voidaan käyttää yksinomaan samanlaisena.

Kaiken kaikkiaan työtä voidaan pitää tavoitteisiin nähden onnistuneena. Kohdeyrityksen tuotantoon tutustumalla löydettiin kerrostalojen betonirakenteiden toteutuksesta paljon pientä kehitettävää. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin eroavaisia suunnittelutapoja aina perus välipohjaleikkauksista elementtien detaljikkaan, käytetystä suunnittelutoimistosta riippuen. Kaikkiin ongelmakohtiin ei löydetty tässä työssä esivalmistusta edistävää ja samalla kustannustehokkaampaa ratkaisua mutta työn tuloksena luodulla vakioidulla suunnittelu ohjeistus dokumentilla suunnittelijoiden suunnittelutyön pääpaino ja innovatiivisuus saadaan keskitettyä jokaisen yksilöllisen kohteen omiin erityissuunnittelua vaativiin yksityiskohtiin. Samalla myös ylimääräistä työtä aiheuttavia suunnitteluratkaisuja kohdeyrityksen tuotannossa saadaan vähennettyä ja työmaan työnjohdon työpanos saadaan ohjattua tehokkaammin itse työmaan johtamiseen ongelmien selvittämisen sijaan. Lisäksi suunnitteluohje toimii hyvänä tarkistustyökaluna kohdeyrityksen suunnittelun ohjauksesta vastaavalle henkilölle.

7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Työn rajauksena toimi kohdeyrityksen betonirunkorakenteet ja niihin liittyvät kokonaisuudet. Jatkotutkimuksena kerrostalokohteessa on vielä useita osia, joiden vakiointia voidaan harkita. Esimerkiksi perustukset ja vesikatto ovat tässäkin työssä esitellyn OMAKO-mallin mukaisia kokonaisuuksia, joita on mahdollista vakioida. Myös muiden sidosryhmien, erityisesti suurten kokonaisuuksien urakoitsijoille voi olla pitkällä aikavälillä kannattavaa laatia ohjeistuksia työn suorituksesta. Urakoitsijoille luoduilla vakioiduilla työprosessi kuvauksilla voidaan saavuttaa haluttu lopputulos laadukkaasti heti ensimmäisellä valmistuskerralla.

Lisäksi on syytä muistaa jatkuvan parantamisen opit, tässä työssä luotuja mallisuunnitelmia ja suunnitteluohjeita tulee päivittää uusien hyvien käytäntöjen löytyessä tulevilla projekteilla. Kohdeyrityksen tuotannon kehittämisen jatkamiseksi on ensiarvoisen tärkeää, että kohteiden niin hyviä kuin huonoja ratkaisuja tuodaan yleiseen tietoisuuteen sekä pohditaan uusien innovatiivisten tuotteiden käyttömahdollisuuksia yrityksen tuotannossa. Esimerkkinä tämän työn kannalta voi olla uusien tuotteiden kuten Luja Superlaatan käyttö välipohjissa ja moduulirakentamisen käyttöönotto kylpyhuoneissa.

8. LÄHTEET

- Aapaoja, A. & Haapasalo, H. (2015). The Challenges of Standardization of Products and Processes in Construction, 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2014 (IGLC 2014): Understanding and Improving Project Based Production, June 25-27, 2014, Curran Associates, Oslo.
- Alarcón, L. (1997). Lean construction, Balkema, Rotterdam, 497 sivua.
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 8(2), pp. 110-117.
- Betonielementtiparvekkeet. (2010). Betoniteollisuus Ry. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/parvekkeet>.
- Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 2: Betonirakenteiden suunnitteluperusteet, (2009). Rakennustuoteteollisuus RTT ry, betoniteollisuus -jaosto. Saatavilla: https://www.eurocodes.fi/wp-content/uploads/1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf.
- Eloranta, R. (2014). Asuntojen rakennuskustannukset, Rakennusfoorum 2014, Helsinki.
- Esteettömyys, Ympäristöministeriön ohje rakennuksen esteettömyydestä (2018). Saatavilla: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Esteettomyys.
- Haahtela, Y. & Kiiras, J. (2014). Talonrakennuksen kustannustieto 2014, Haahtela-kehitys, Helsinki, 390 sivua.
- Helenius, K. (2006). Tuotteistaminen rakennusyrityksessä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere.
- Hiltunen, I., (2008). Asuinkerrostalojen teräsbetonisten julkisivu- ja parveke-elementtien tuotteistaminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere.
- Junnonen, J. & Kankainen, J. (2012). Rakennusurakoitsijoiden hankintakäsikirja, 2. uud. p. ed. Suomen rakennusmedia, Helsinki, 151 sivua.
- Junnonen, J. & Kankainen, J. (2017). Rakennuttaminen, 5th ed. Rakennustieto Oy, Helsinki,
- Keppo, Juhani.,Poijärvi, Heikki., (1991). Suomalainen rakentaminen : kylmään ilmaan kehitetty rakennusteknologia, Rakentajain kustannus, Helsinki.
- Kiiras, J. (1995). Keihäänkärkistrategia tuotevientiin Saksan talonrakennusmarkkinoille = A spearhead strategy for exporting Finnish products to the building market in Germany, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi, xii, 128 sivua.
- Kivimäki, C., Koistinen, L., Koskenvesa, A., Lahtinen, M., Wind, N. (2015). Rakennustöiden menekit 2015, Rakennustieto Oy.
- Kivistö, T. (1987). Asuntoalueiden kaavoitus ja rakennuskustannukset, RIL, 137 sivua. Saatavilla: <https://aalto.finna.fi/Record/alli.34448>.

- Koskela L (1992) Application of the new production philosophy to construction. Technical report no. 72, CIFE, Stanford University, Stanford, California, USA.
- Koskenvesa, A. (2011). Rakennustyön tuottavuus 1975-2010, Rakentajain kalenteri, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry.
- Lahti, P. (2007). Perustajaurakoinnin uusi kirjauskäytäntö, Rakennusteollisuuden kustannus RTK, Helsinki, 159 sivua.
- Lindholm, M. (2009). Kustannushallinta rakennushankkeessa, Suomen Rakennusmedia Oy, 56 sivua.
- Olenius, Auli, Palolahti, Tuomas, Heiska, Tuomas, Lindberg, Rita & Penttilä, Hannu (2007). Rakennusosien kustannuksia, Rakennustieto, Helsinki.
- Ontelolaatastojen suunnitteluohje, (2012). Betoniteollisuus Ry. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>.
- Parantainen, J. (2007). Tuotteistaminen : rakenna palvelusta tuote 10 päivässä, Talentum, Helsinki, 290 sivua.
- Parma ontelolaatastot, Suunnitteluohje, (2018). Parma Oy, Nummela. Saatavilla: https://parma.fi/userassets/uploads/2018/12/parma_ontelolaatastot_suunnitteluohje_2018-1.pdf.
- Pitkänen, J. (2009). Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkastelu, Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus, Talous- ja suunnittelukeskuksen julkaisu 6/2009, Helsinki. Saatavilla: <http://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki>.
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2013. SisäRYL 2013 : talonrakennuksen sisätyöt (2012), Rakennustieto, Helsinki.
- RT 10-11284. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18, (2017). Rakennustieto.
- RT 10-11226, Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus, (2016). Rakennustieto.
- RT 80-11202, Rakennuksen suojapellitykset, (2016). Rakennustieto.
- RT 10-11256, Talonrakennushankkeen kulku, (2017). Rakennustieto.
- Runkorakenteet, (2010). Betoniteollisuus Ry. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet>.
- Simula, H., Lehtimäki, T., Salo, J. & Malinen, P. (2010). Uuden B2B-tuotteen menestyksessä kaupallistaminen, Teknologiainfo Teknova, Helsinki, 134 sivua.
- Sipilä, J. (1996). Asiantuntijapalvelujen tuotteistaminen, WSOY, Helsinki, 151 sivua.
- ST-käsikirja (2009). Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä. Sähköinfo, Espoo.
- Stevenson, W.J. (2014). Operations management, 12th, global ed. McGraw Hill/Irwin, New York, NY, s. 151-152.

Tiihonen, J. & Soininen, T. (1997). Product configurators : information system support for configurable products, Helsinki University of Technology, Otaniemi, 23 sivua.

Toimitusketjun hallinta talonrakentamisessa , KETJU-yhteenveto, (2009). Rakennusteollisuus RT. Saatavilla: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/ketju-yhteenvetoraportti.pdf>.

Tseng, M.M. & Jiao, J. (1998). Concurrent design for mass customization, Business Process Management Journal, Vol. 4(1), s. 10-24.

Turunen, M. Betonielementtidetaljit, Rakennustieto Oy. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK060303.pdf>.

Tutkimusselostus: Betonisen seinäelementin pinnan esikäsittelyn vaikutus pintakäsittelyjen tartuntaan, (2010). Betoniteollisuus Ry, Helsinki. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat>.

Vaijerilenkkiohje, (2012). Betoniteollisuus Ry. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat>.

Vinha, J. (2014). Rakennusfysiikka. 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset, Suomen Rakennusinsinöörien liitto, Helsinki.

Walden, J., (2015). Suunnittelun ohjaus rakennusliikkeessä, Luento 25.2.2015 Tampereen teknillinen yliopisto

9. LIITTEET

LIITE 1: Kysely-vastaukset

Kysymys	Ylimääräistä työtä työmaalla aiheuttaneet suunnitteluratkaisut?
Vastaaja	Vastaus
Henkilö 1	-Käytävän väliseinien pienet asennusvarat johtuen kerrostasolaattojen leveyksistä -Parvekelaattojen sidonta ontelolaatastoon -Hormissa kulkevien sähköjen kannakointi -Parvekkeentaustaseinien alapään puuttuvat sähkövarauskolot -Ontelolaattojen ja aco-seinien liitos kohta
Henkilö 2	-Peikko P4X osien käyttö parvekepielielementeissä, sekä kaide-elementeissä. Tiilliaattapinta, jolloin jaon on tärkeää mennä juuri kohilleen, mutta P4X osa ei anna juurikaan säätömahdollisuuksia mihinkään suuntaan
Henkilö 3	-VSS:n lattia- ja väliseinän liitos. -VSS:n ulkopuolelle tulleet korkeat kuorielementit -Huulletut parvekkeiden kuorielementit -Yläpohjan kuorielementtien asennus sänkkärin päälle. -P4X osilla laitettavat kuorikaiteet parvekkeen eteen
Henkilö 4	-Parvekeoven sisäpuolella oven varausten piikkaus ennen lämpölattiaa, oviaukko liian kapea.
Henkilö 5	-Parvekepellin aluset tehty vanerista, parvekkeet liian korkealla, parvekelataan reunaan uran ajaminen timantilla vedenpoistoa varten -Puuttuvien tuuletusreikien poraamiset sänkkäriin ikkunan päälle -apukarmin+SPU asennus elementtiin parvekeoven ja ikkunan väliin -Kuljetustukien (ht) katkaisu ja ferrex käsittely paikkauksineen -Muuratun julkisivun päätyseinänkien ikkunan ala-apukarmin asennus työmaalla nostimesta -nolla-ikkunan alla lämpölattian yläpuolelle jääneen sänkkärin sisäkuoren hionta/täyttö ennen parkettia -elementtien korkojen puuttuminen suunnitelmista -käytävän massiivilaatat liian korkealla (plaanot ei onnistu normaalisti) -reikävaraukset riittämättömät mm. LH:n ympäristön elementeissä -alapohjan kulkuluukun detaljit suunnittelematta -lattialämmitysputkien läpivientien turhien reikien paikkaukset -huonosti suunnitellut EI90 seinärakenteet ullakolle (liittymät, detaljit, rakenne, palo-ovet)
Henkilö 6	-Parvekkeiden korkomaailma vesipellitysten, ikkuna-asennusten ja esteettömyyden suhteen. Puuttuu oikea detajli millä nämä toteutetaan. Detajli on vaikea hahmottaa joten jää työmaan harteille. Suunnittelusta ei tässä apua, ideointi täytyy lähteä tilaajalta miten halutaan ja millaisen pystyy toteuttamaan niin että olisi kerralla mahdollisimman valmis. Eli elementiasennuksen jälkeen aukko olisi niin valmis että ovet, ikkunat ja pellit saa suoraan paikalleen. -Lasiseinien ja nauhaikkunoiden liittyminen runkoon. Ikkuna-asennuksen jälkeen ei tarvitsisi tehdä jälkitöinä palokatkoja kerrosten välille. Saataisiin asentaa ikkunat suoraan aukkoon. -IVKH. Miten toteutetaan että saadaan vedenpitäväksi mahdollisimman nopeasti ja ei työnaikaisia vesipusseja. -Nousukuilu talotekniikalle betonisena. Ei jälkikoteloiteja jotka tulee käytävälinjasta ulos. -Sähköjen putkittaminen elementeissä. Putkitukset lattiaan nähden oikeassa korossa. Putkitukset tehty suunnitellulla putkella. Putkitus päättyy aina jatkososaan millä putkitusta pystytään jatkamaan. Ei niin että sähköri joutuu kytkemään ensin jatkoksen. -Reikävarausten oikea määrä ja sijainti. Esim. sewatekkejä on suunniteltu jokin määrä, mutta määrä on riittämätön. IVKH seinien läpivienneissä huomioitava IVKH lattian korko, jotta putket mahtuvat välipohjasta lattian päälle. -Parvekeboksien pielen tuenta. Täytöt niin isoja että aiheuttaa painetta siniini. Vaarana että valut pettä. Kulmarautaa kannakointi. Suunniteltava etukäteen, ei työmaalla. Aiheuttaa kustannuksia.
Henkilö 7	-ARK ja RAK korot erit.
Henkilö 8	-Ikkunan alareuna samassa tasossa lattian kanssa. Apukarmeja joudutaan asentamaan työmaalla jälkikäteen. Voidaanko suunnitella siten että apukarmit elementeissä valmiina? -Tekniikkahormit käytävän seinälinjojen kanssa tasan. Vaatii ylimääräistä tasoitusta/piikkausta jos hormit eivät ole tasan seinälinjan kanssa. Voidaanko siirtää tekniikkahormeja käytävän seinälinjasta sisälle, jolloin käytävälle tulee pykälä? Myös tasoitetyö helpottuisi. -Ullakko suunniteltu teräsrakenteisena, pelti-villa-pelti elementti ulkopintaan. Työvaihe monivaiheinen. Voidaanko suunnitella betonisena? -Tekniikkahormien viemäriliitokset liian tarkat. Onteloita joudutaan piikkaamaan alemmissa kerroksissa, jotta viemärit voidaan asentaa. Ylemmissä kerroksissa korko karkaa ylös, eli etenmä ei täsmää.
Henkilö 9	-Ikkunapenkki ollut alemmissa elementeissä. Ylempissä elementissä ollut paikoittain ylimääräisiä valettuja tukia kuljetusta varten. Ikkunapenkin läpi menevät parvekesarana kohdat aiheuttavat paljon jälkityötä. Lähtökohtaisesti ikkunapenkki suunniteltu liian leveäksi, eikä siten ylempi elementti mahdu. Parempi jos ikkunapenkki on samassa elementissä kuin ikkuna-aukko. -Ikkuna-aukot liian isoja (22X24). Logistisesti menee aikaa enemmän elementiasennuksen yhteydessä kun ikkunat jaetaan oikeaan asentoon (ei mahdu oviaukosta). -Rapattavista villaelementeistä puuttunut betoninen valustoppari villan ja valettavat sauman väliltä. Holvia valaessa useammasta kohdasta lähtee villat irti valun aikana. -Lukuisat suunnitteluvirheet
Henkilö 10	-Parvekkeilla ikkunoiden alareunan ja pystyosien liittymät -Sisäsmyygien vinoudet ja pyöreys -Elpojen sijoittelu suhteessa käytävän seiiniin
Henkilö 11	-Käytävien kerroskorot eivät täsmää asuntojen korkojen kanssa -Parvekelataan korko ei ole hyvä asunnon korkotasoon verrattuna -Parvekeovien kynnyspelleille ei ole tilaa alemmassa elementissä -Sandwich-elementeissä ennen ulkopuolista kittausta kittari joutuu laittamaan ylimääräiset villakaistat kittauksen pohjaksi. Olisi ennaltaehkäistävässä oikeanlaisella pielellä

Kysymys	
Detaljit jotka vaikeita toteuttaa tai joiden loppulaatu ei tyydytä?	
Vastaaja	Vastaus
Henkilö 1	-Pielien ankkurointi runkoon -Ikkunapellityksien toteuttaminen parvekkella
Henkilö 2	-Parvekelaatta kaataa sisäänpäin, tulee vettä vaikka lasit ja valuu parvekkeelle
Henkilö 3	-Saunaosaston parvekkeen 5m korkeiden sivupielien tuenta viereisiin parvekekattoihin katolle näkyviin jäävillä järeillä teräsvinotuilla -Saunaosaston parveketaustaseinän toteuttamine puisena -Korkeassa sisäänkäynnissä kaksi pieliementtiä päällekkäin joissa molemmissa erilainen pinta -Parveketaustaseinän vesipellin toteutus -Perskuran sotkeminen pielen ja parvekelaatan väliltä laatan ylä/alapintaan -Parvekkeen laatan alapinta jokin muu kuin telattu. Telattuna epäsiisti muuhun ympäröivään maailmaan verrattuna -Lasiseinien ja nauhaikkunoiden liittymät runkoon
Henkilö 4	-VSS päällä olevat korotusvalut. Osan olisi saanut hoidettua korkeammilla elementeillä
Henkilö 5	-Parvekkeen otsassa oleva kuorilaatta P4X kiinnikkeillä. Asennustoleranssi valmiille kiinnikkeille ei ole riittävä -Lattianrajasta lähtevien ikkunoiden apukarmit eri elementeissä (alapuu alemman kerroksen elementissä). Apukarmeihin jää herkästi rakoja, joten saavutetaanko riittävä ilman pitävyys?

Kysymys	
Betonielementtien ongelmat jotka vaikuttavat lopputuotteen laatuun?	
Vastaaja	Vastaus
Henkilö 1	-Parveketaustojen smyygit -Hormien asennus -Parvekelaattojen katon pintatyyppi -Parvekkeita jakavien pielen reunat -Julkisivupielien lohkeamiset asennusvaiheessa -Sähköjen viennit ja ulostulot patterikivissä -Puutteellinen elementtien suojaus -Tuuletusreikien ulkonäkö
Henkilö 2	-Smyygien kierous -Ovi- ja ikkuna-aukkojen vinous -Karkeat ja viimeistelemättömät pinnat -Väärän kokoiset elementit --> joudutaan sahaamaan ja paikkaamaan --> ei koskaan kovin hyvä lopputulos
Henkilö 3	-Parvekelaattojen alapinnan harjaus kokonaan. Reunoihin pitäisi tehdä 50mm tasainen pinta. Kittaukset helpompia ja siistimpiä
Henkilö 4	-Ulkosmyygit -Parvekepieliien huokoisuus -Pesubetoniparvekelaatan huono laatu
Henkilö 5	Parvekepieliseinien vaihteleva pinta (muottipinta/hiertopinta) -Parvekelaatan ylä- ja alapinta -Smyygit ulkoa ja sisältä
Henkilö 6	-Liikuntasaumassa olevan seinän heitto viereisiin seiniin verrattuna. Meillä esim. porrashuoneen seinä liikuntasaumassa joten kivi asettuu ohjaustappien mukaan. Jos tapeissa heittoa seinä aina eri linjassa viereisiin nähden
Henkilö 7	-Parvekepielielementtien huokoisuus -Parvekelaatan alapinta, harjattuna vai telattuna? -Kuljetustukiraudoille kunnan katkaisuvaraus, jotta saadaan leikattua raudoitus syvältä, ei anna väriä tasoitteen läpi
Henkilö 8	-Parvekepieliien huono laatu hierrettyllä pinnalla -Elementtien toleranssit pitkällä käytävillä ei riittävät
Henkilö 9	-Valkobetonin harmaus -Parvekkeiden alapintojen laikkuus ja epätasaisuus
Henkilö 10	-Parveketaustojen ulkosmyygit huonoja -Parvekelaatan hienopesty pinta sotkeutuu helposti työmaan aikana ja on vaikea korjata/siistiä
Henkilö 11	-Huokoisuus parvekkeiden maalauksessa

Kysymys	
Työmaalla elementteihin tehdyt korjaukset tehtaan puolesta?	
Vastaaja	Vastaus
Henkilö 1	-Huokosten paikkaus -Ikkuna-aukkojen kulmien hionta -Tuuletusreikien paikkaukset
Henkilö 2	-X elementtitoimittajan elementit limutettu ardexilla -Kylppäreiden kohdalta sementtiliimat hiottu -Elementtien muottien naulat poistettu -Väärään paikkaan asennettujen rasioiden siirrot ym.
Henkilö 3	-Limutusta, oikomista, aukkojen suoristamista -Huokosten paikkaus, erityisesti pilarit ja pielet -Sementtiliimojen hionta (neliöhinta tehtaalla) -Pesubetonipaikkaukset
Henkilö 4	-Pielien tasoitus (VIRHE) -Sementtiliiman poisto -Muut hionta- ja paikkaustyöt
Henkilö 5	-Sementtiliiman poisto sovittava tarkoin elementtitehtaan kanssa, miten toteutetaan, mihin kohtaan ja millä menetelmällä
Henkilö 6	-Sementtiliimojen poisto
Henkilö 7	-Ulkopuoliset elementit haastava paikata. Ainoastaan huokokset voidaan paikata. Ohut tasoitekerros ei pysy elementissä.
Henkilö 8	-Huokokset -Ikkunan vesireikien puuttuminen -Portaan lepotason kolot vinossa -Hormielementeissä kohtaavat putket vinossa -Sähköputket tukossa tai rasiat puuttuu
Henkilö 9	-Vaatii erittäin suunnitelmallista tekemistä oikeilla aineilla
Henkilö 10	-Huokosia on paikkailtu

Kysymys	
Työmaalla tehdyt korjaukset tilaajan puolesta?	
Vastaaja	Vastaus
Henkilö 1	-Smyygien oikominen
Henkilö 2	-Mahdollisimman vähän mitään
Henkilö 3	-Oikomista, hiomista. Kaikki mikä on valmistajan toleransseissa muttei ole tilaajalle kelpoisia.
Henkilö 4	Smyygit sisäpuoli, roilouksia ja piikkauksia sähkövaraukset
Henkilö 5	Smyygit -Varausreikien paikkaukset -Hionnat/piikkaukset -Parvekkeiden etuputsiin liittyvät fiksailut -Vemojen paikkaukset
Henkilö 6	-RunkoRYL ja SisäRYL väliin jäävä toleranssi. Maalarilla jos tettä, syntyy loputun tuntikuittaus. Elementtitehtailta toivotonta ostaa parempaa laatua. -Sisäsmyygien oikominen -Sähkörasioiden kannet paikalleen elementteihin jo tehtaalla -Parvekkeiden väliseinät. Toinen puoli muottipinta ja toinen hierretty. Selvä laatuero. -Miten saadaan joko hierretyt tai muottipintaiset. Pääilletasoittaminen riski.
Henkilö 7	-Käytävän väliseinäelementtien ja tekniikkahormien toleranssiin menevät heitot
Henkilö 8	-Toleranssit saatava vastaamaan haluttua (elementti-etuputsi-tasoitus ja maalaus). Ei välivaiheita
Henkilö 9	-Vaatii erittäin suunnitelmallista tekemistä oikeilla aineilla
Henkilö 10	-Sellaiset kieroudet ja vinoudet jotka eivät mene elementtitehtaan piikkiin eivätkä kuulu etuputsarin sopimukseen
Henkilö 11	-Tukkeutuneet sähköputket (asennus tai elementti) -Puuttuvat tai väärässä kohtaa olevat sewatekit -Puuttuvat tai väärässä kohtaa olevat varaukset, reiät ja sähköt

Kysymys		Betonielementtien esivalmistusasteen nosto, ideoita mitä työsuorituksia työmaalta voitaisiin siirtää tehtaille?
Vastaaja	Vastaus	
Henkilö 1		-Ikkunoiden ja ovien apukarmien kiinnitys tehtaalla
Henkilö 2		-Viimeistelyn tasoa pitäisi parantaa, varsinkin julkisivuissa -Vesireikien poraus auki jo tehtaalla -Erikoisosien (kuten aikaisemmin mainittu P4X) kunnollinen asennus ja puhdistus --> nyt ollut pulttien kierteissä betonia ym. -Sänkkärielementtien villojen parempi sääsuojaus
Henkilö 3		-Kaiteet aukkoihin -Neopreenit parvekepieliin -Suojamuovit talvella aukkoihin
Henkilö 4		-Liimojen hionta kph:n kohdalla
Henkilö 5		-Pielikivet saatava niin hyvinä työmaalle että niitä ei tarvitse tasoittaa
Henkilö 6		-Elementtiasennuksen jälkeen aukoitukset mahdollisimman valmiina -Elementtien suojaaminen tehtaille. Ei työmaalle suojaamattomia elementtejä. Suojaus täytyy olla kattava ja toimiva. Ei niin että muovit roikkuu kun kivet työmaalla -Vemot. Mitä materiaalia? Ruostuminen ulkotiloissa -Tyvek-kankaan käyttö sänkkärin villan suojana. Voidaanko jättää valussa villan päälle? Näin ollen villa olisi koko ajan säältä suojassa ja sitä ei tarvitsisi poistaa ollenkaan. Vastausta ei vain kukaan osaa sanoa mitä taphtuu jos sen jättää. Jos sitä ei jätä, ei vastaavaa hyötyä. -Tarkkuutta korkeiden elementtien valmistamiseen, etteiävt elementit auraa vaan ovat mittatarkkoja -Ikkuna-aukkojen yläosan tekeminen yhdestä muottiosasta
Henkilö 7		-Parvekepielielementteihin parempi pinta -Smyygit
Henkilö 8		-Ikkuna-aukkosuojaukset -Kaikki apukarmit valmiiksi tehtaalla -Kaidevaraukset elementteihin (sk-elementit)
Henkilö 9		-Kaidepuu elementtiin tehtaalla -Talvella muovitus ikkuna-aukkoon tehtaalla
Henkilö 10		-Suoremmat smyygit, mittatarkkuus -Parvekepielien parempi jälki pinnassa -Parvekekattojen tasaisuus
Henkilö 11		-Hionnat -Käytävän päätyjen ikkunoiden ympärys elementoitava -Sisäänkäynnin ikkunan ympärys, maalaus?

LIITE 2: AK-elementtivertailu

AK

KOHDE	RAK	Pieliteräkset	Haat	Verkko	BETONI SK	Korkeus	HUOM.
1	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		K35	810	
2	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		K35	895	
3	2	2T12	T8 k300	Verkko 6-150 mp.	C30/37	1645	SBKL levyt alapinnassa k2400
4	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		K30	1700-3100	Hissin taustaseinä jäykistävä seinä, seinäkengät ja pultit
5	3	2T12				1290	
6	2	2T12	T8 k300		C30/37	1610	
7	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		K35 säänkestävä	1010	
8	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		C30/37	1110	
9	1	2T12	T8 tartuntojen mp.		K30	900	
10	1	2T12	T8 k500		K35	570	
11	1	2T12	T8 haat tartuntojen mp.		K35	910	
12	4	2T12	T8 haat tartuntojen mp.		C25/30	940	

LIITE 3: AS-elementtivertailu

AS

KOHDE	RAK	SK paksuus	UK paksuus	Pieliteräkset	SK	Haat SK	Verkko SK	Pieliteräkset UK	Verkko UK	BETONI SK	BETONI UK	ERISTE	Korkeus	HUOM.	MUUT RAUDOITUKSET
1	1	150	80-110	2T12		T8 tartuntojen mp.		RST 5	RST 5-150	K30	K35 säänkestävä	EPS 100 seinä	1270	Vedenpoisto sisäänpain, tuuletusura eristeen alareunassa uk pinnassa.	RST 5 lenkit sk:sta ukeen ap. k600
2	1	150	100	2T12		T8 tartuntojen mp.		RST 2T7	RST 5-150	K30	K35 säänkestävä	Eriste 100 seinä	1355	Vedenpoisto sisäänpain	RST 5 lenkit sk:sta ukeen ap. k600
3	2	150	80	2T10		T6 k300	T5-150	RST 11	RST 5-150	C30/37	C30/37	EPS 220mm	1695	Vedenpoisto ulospäin, tuuletusura 20°50° eristeen alareunassa uk pinnassa. SBKL levyt alareunassa	RST 8 lenkit sk:sta ukeen ap. k250
4	1	150	80	2T10				RST 5	RST 4-150	K30	K35 säänkestävä	EPS 80 BET, 220mm	1370	Vedenpoisto ulospäin, tuuletusura eristeen ala ja yläreunassa uk pinnassa	RST 5 lenkit sk:sta ukeen ap. ja yp. k600
5	3	150	70	2T12			6-150 ja 8-300	RST 7	RST 4-150	C25/C30	C30/37	Kingspan Therma TW58	1340	Vedenpoisto ulospäin k2000, WELDA levyt reunoilla	RST 5 lenkit sk:sta ukeen yp k 400 ja T8 k600 ap
6	2	150	100	2T10			T5-150	T11	5-150 verkko	C30/37	C30/37	EPS 120mm	2005	ei vedenpoistoa, sidontapistevarakukset alareunassa	RST 8 lenkit sk:sta ukeen yp k600, T8 lenkit sk:sta ukeen k300
7	1	150	80	2T12		T8 tartuntojen mp.		RST 2T7	RST 5-150	K30	K35 säänkestävä	EPS 100 Seinä	1470	Vedenpoisto ulospäin, 50mm k1000 eristeen alareunassa tuuletusura	RST 5 lenkit ap k600
8	1	150	80	2T12		T8 tartuntojen mp.		RST 7	RST 5-150	C30/37	C30/37	EPS 100 seinä, 220mm	1570	Vedenpoisto ulospäin, 50mm k1000 eristeen alareunassa tuuletusura	RST 5 lenkit ap k600
9	1	150	80	2T10				RST 5	RST 4-150	K30	K35 säänkestävä	EPS 80 Bet, 220mm	1370	Vedenpoisto sisäänpain	RST 5 lenkit sk:sta ukeen ap. ja yp. k600
11	1														
12	4	150	90	2T10		T6 k300	8-150	RST 5	RST 4-150	C25/C30	C30/37	EPS 100 Seinä uritettu, 220mm	1345	Vedenpoisto sisäänpain, 20mm k1500	RST 7 k200 sk:sta ukeen ylh. Ja alh.
14	1	150	70	2T10				RST 5	RST 4-150	C30/37	C30/37	EPS 80 BET, 150mm	1000	ei vedenpoistoa	RST 5 lenkit sk:sta ukeen ap. k600
15	5	150	100	2T10		T8 tartuntojen mp.		RST 5	RST 4-200	C25/C30	C30/37	EPS100 220mm	1500	Vedenpoisto ulospäin k 1200	RST lenkit 5 k500 ap ja yp

LIITE 4: AR-elementtivertailu

AR

KOHDE	RAK	SK paksuus	UK PAKSUUS	RAUDOITUS SK	RAUDOITUS UK	Eriste	BETONI SK	BETONI UK	Korkeus	VAARNALENKIT	DETALIT	HUOM.
1	1	80	80	RST 4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1270	V580 k300	Vedenpoistoreiät sisäänpain	RST lenkit läpi ap, 5 k600
2	1	80	80	RST 4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1355	V580 k300	Vedenpoistoreiät sisäänpain	RST lenkit läpi ap ja yp 5 k600
3	2	80	80	5-150 verkko, T10 ymp.	RST 5-150 verkko, RST 11 ymp.	Eps 220mm	C30/37	C30/37	1695	k600	Vedenpoistoreiät ulos, eriste ap ja yp tuuletusura	RST lenkit läpi yp. 8 k600, mustat lenkit läpi ap. 8 k250
5	3	120	70	8-150 verkko, 2T12 ymp.	RST 4-200 verkko, RST 7 ymp.	Eriste EPS 60S 180mm	C25/30	C30/37	1340	k300	Vedenpoistoreiät ulos, k2000	RST lenkit läpi yp, mustat ap, ap 8 k600, yp 7 k400
6	2	80	90	5-150 verkko, T10 ymp.	5-150 verkko, T10ymp.	Eps 220mm	C30/37	C30/37	2005	k300		RST lenkit läpi yp, musta ap, ap T8 k250, yp RST 8 k600
8	1	80	80	4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1355	V580 k300	Vedenpoistoreiät sisäänpain	RST lenkit läpi ap ja yp 5 k600
9	1	80	85	RST 4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1355	V580 k300	Vedenpoistoreiät ulospäin k1200, tuuletusurat yp ja ap.	RST lenkit läpi ap ja yp 5 k600
10	1	80	80	RST 4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1355	V580 k300	Vedenpoistoreiät sisäänpain	RST lenkit läpi ap ja yp 5 k600
11	1	80	80	RST 4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä	K30	K35 säänkestävä	1370	V580 k300	Vedenpoistoreiät sisäänpain	RST lenkit läpi ap ja yp, 5 k600
12	4	80	80	8-150 verkko, T8 ymp.	RST 4-150 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100 Seinä, uritettu	C25/30	C30/37 pakkasenkestävä	1420	K500	Vedenpoistoreiät 20 k1500, sisäänpain	RST lenkit läpi ap ja yp, ap 7 k400, yp 7 k600
13	5	80	70	4-150 verkko, T10 ymp.	RST 4-200 verkko, RST 5 ymp.	EPS 100					Vedenpoistoreiät k1500 ulospäin	RST lenkit läpi ap ja yp, ap 5 k500, yp 5 k1000

LIITE 5: MP-elementtiverailu

MP

KOHDE	RAK	SK paksuus	UK paksuus	Pieliteräiset SK	Haat SK	Verkko SK	Pieliteräiset UK	Verkko UK	BETONI SK	BETONI UK	ERISTE	Korkeus	HUOM.
10	1	150	80	2T12	T8 k300	T16k150 ja T8k150	RST 5	RST 4-150	k30	K35 säänkestävä	EPS 80 S BET, 200mm	3770	Vedenpoisto ulospäin k1200
15	2	220		2T12	T8 k300	T10k150 ja T12k150			C35/45			3790	pystysaumata irtolainkein, WELDAT yläpinnassa
14	1	150	115	2T12	T6 k300	12-150	RST5	RST 4-150	C30/37	C30/37 säänkestävä	EPS 80 S BET, 200mm	3700	
16	6	150	70	2T10	T8 tartuntojen mp.	10-150	RST 5, Alh. T12	RST 4-150	C30/37	C30/37	EPS 60S Seinä, 200mm	3285	Vedenpoisto sisään päin, 50mm k2000,

LIITE 6: KE- ja Z-elementtiverailu

KE ja Z

KOHDE	RAK	Paksuus	Pieliteräiset	Verkko	BETONI SK	Korkeus	HUOM
1	1	140	2T8	6-150	K35 säänkestävä	670	SBKL levyt ja vemot yläpinnassa hiertopinnassa, viisteet muottipinnassa
4	1	120	2T8	T6-150	K35 säänkestävä	1985	VSS kuorielementti, SBKL alapinnassa muottipinnassa, latat hirttopinnassa 700mm korkeudella yläreunasta
5	3	100	RST 2T11	RST 5-150	C30/37	1400	TRR osat muottipinnassa alhaalla ja hiertopinnassa ylhäällä
7	1	120	2T7	RST 4-150 mp.	K35 säänkestävä	1700	Parvekkeen kaide-elementti. Peikko 4x kaideosat keskellä elementtiä hiertopinnassa, viisteet ulkopuolella
9	1	120	2T8	T6-150	K35 säänkestävä	1700	VSS kuorielementti, SBKL alapinnassa muottipinnassa, latat hirttopinnassa 700mm korkeudella yläreunasta
10	1	160	2T8	6-150	K35 säänkestävä	570	Yläpohjan kuorielementti, vemot kattokaiteille, TR23 alareunassa
11	1	120	2T10	8-150	K35 säänkestävä	1800	hirttopinnassa, SBKL levyt yläpinnassa hiertopinnassa.
12	4	120	2T10	T8-150	C30/37 pakkaskestävä	4740	RST vemot 4kpl hiertopinnassa.
13	5	130		6-150	C30/37	1195	RST latat hiertopinnassa 700mm alapäin yläreunasta, kolot alareunassa, viisteet muottipinnassa, kääntökiivi, VSS edusta
12	4	130	2T10	5-150 mp.	C30/37 pakkaskestävä	1780	tiilipinta, RST putket 315mm etäisyydellä alapinnasta
5	3	150	RST 2T9	RST 7-150	C30/37		Parvekkeen kaide-elementti. Peikko 4x kaideosat elementin alaosaassa hiertopinnassa, viisteet ulkopuolella, P4X osien lisä rauditus
							Parvekkeen kaide-elementti. Peikko 4x kaideosat elementin alapinnassa, kynäpyörästys kaikissa nurkissa, näkyvät sivupinnat merkattu, sisäpinta hienotelauksena.

LIITE 7: L-elementtiverailu

L

KOHDE	RAK	AP verkko	YP verkko	Pieliteräiset	Haat	BETONI SK	Korkeus	HUOM.
1	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
2	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	c25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
3	2	12-150	10-150	2T12	T8 k250	C30-37	270	Paljon lisäraudoitus palkkeja hormiaukkojen ympärillä, tartuntarauhat laatasta ulos
4	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina, 20mm upotus käytävän seinien reunoilla yp.
5	3	10-150	10-150	2T12	T8 k300	C25-30	260	Vaijerilenkit tartuntoina, nostoelinten lisäraudat lenkkejä, huullokset käytävän seinien reunoilla
6	2	12-150	10-150	2T12	T8 k250	C30-37	270	Paljon lisäraudoitus palkkeja hormiaukkojen ympärillä, tartuntarauhat laatasta ulos
7	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
8	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	c25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
9	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina, 20mm upotus käytävän seinien reunoilla yp.
10	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
11	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C25/30	270	vaijerilenkit tartuntoina
12	4	10-150	8-200	2T12	T8 k150	K40	260	teräiset tartuntoina, upotukset 10mm käytävän seinien puolella yp.
13	5	10-150	8-150		T8 k150	C25/30	260	Ei hormiaukkoja, nostoelinten lisäraudat 1T12 L1000
14	1	10-150	8-150	2T12	T8 k200	C30/37	270	vaijerilenkit tartuntoina, 70mm upotus laatan käytävän puolilla seinillä yp.
15	2	10-150	10-150	2T12	T8 k300	C30/37	270	vaijerilenkit tartuntoina, todella paljon lisäraudoitusta, reiät laatan reunoilla tartuntatapetta ja juotos valua varten
16	6	8-200	8-200	2T10	T8 k300		260	

LIITE 8: V-elementtiverailu

V

KOHDE	RAK	Pieliteräiset	Haat	RAUDOITUS	Vaarnalenkit	BETONI SK	Korkeus	Huom.
1	1	2 T12	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	k35	2780	S-pisteet n. k1700
2	1	2 T12	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	k35	2890	S-pisteet n. k1700
3	2	2 T10	T8 k300	2T10 ymp., haat T8 k300 ymp.	vs80, k600	C35/45	2885	S-pisteet n. k1700
4	1	2 T12	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	K30	2930	S-pisteet n. k1200
5	3	2 T10	T8 k400	2T10 ymp., Haat T8 k400 ymp.	k300 ylemmissä kerroksissa harvempi	C25/30	2885	
6	2	2 T10	T8 k300	2T10 ymp., Haat T8 k300 ymp.	k400, lähtee 600mm, 80mm	C35/45	2885	
7	1	2 T16	T8 tartuntojen mp.	2T16 ymp., T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	K35 säänkestävä	2875	hiekkapuhallus merkattu
8	1	2 T16	T8 tartuntojen mp.	2T16 ymp., T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.		C30/37	2875	näkyvät harjateräiset täytyy suojata suojatulpalla
9	1	2 T12	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	K30	2930	S-pisteet n. k1200
10	1	2 T12	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	k500, vs80, lähtee 500mm	k35	2775	
11	1	2 T16	T8 tartuntojen mp.	2T16 ymp., T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	K35 säänkestävät	2875	S-pisteet n. k1700
12	4	2 T12	T6 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T6 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	K30	2880	S-pisteet k1200, vaakaan kutistuma teräset yli 6m elementeissä
13	5	2 T10	T8 tartuntojen mp.	2 T10 ymp., T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp., ylitykset 2T12 + T8haat k200	K500, VS120	C25/30	2910	Rauditusverkot seinämaisiin palkkeihin ja lyhyisiin seinin, sementtiliiman poisto, käytävän väliseinissä tuplaverkko
14	1	v	T8 tartuntojen mp.	2 T12 ymp. T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	vs80, k500	C30/37	2880	S-pisteet n. k1200
15	2	2 T10	T8 k300	2 T10 ymp., Haat T8 k300ymp.	vs80, k600	C25/30	2885	S-pisteet n. k1800
16	6	2 T10	T8 tartuntojen mp.	2T10 ymp., T8 lenkit tapin ja s-pisteen mp.	VS80 k700	C25/30	2785	S-pisteet n. k2400, väh 2kpl elementti

LIITE 9: SK-elementtiverailu

SK

KOHDE	RAK	Verkko	Haat	Pieliteräiset	BETONI SK	paksuus	Korkeus	HUOM.
7	1	6-150	T8 k150	2T12	C25/30	150	3285	karmipuu ja kermi, kestopuu, lipassa verkkoa, harjateräksiin suojatulpat
8	1	6-150	T8 k150	2T12	C25/30	150	3285	karmipuu ja kermi, kestopuu, lipassa verkkoa, harjateräksiin suojatulpat
11	1	6-200	T8 tartuntojen mp	2T12	K30	150+210	3285	Eriste lippaan asti,
14	1		T8 tartuntojen mp	2T12	C30/37	150+180	3285	RST nostolenkit, lipassa rautaa,
15	2		T8 k150 al. T8 k300 yl.	2T12	C25/30	160	3280	Lipallinen, lipassa rautaa, eriste työmaalla, karmipuut ja niiden kiinnitysohje, putoamissuojakaiteet,

LIITE 10: SKR-elementtiverailu

RKR

KOHDE	RAK	Verkko	Haat	Pieliteräiset	BETONI SK	paksuus	Korkeus	HUOM.
3	2	6-150	T8 k300	2T12	C25/30	150+220	3280	karmipuiden kiinnitys, kaideholkit
5	3		2T8 tartuntojen mp.	2T16	C25/30	150+220	3285	Betonikannas lipan takana, suojakaiteen holkki
11	1	6-200	T8 tartuntojen mp.	2T12	K30	150+210	3285	Eriste lippaan asti, lipassa rst verkko,
15	2	8-150	T8 k300	2T10	C25/30	110+270	3580	

LIITE 14: CL-elementtivertailu

CL

KOHDE	RAK	Verkko AP	Verkko YP	Haat	Pieliteräiset	BETONI SK	Tyyppi	Korkeus	HUOM.	
1	1	12-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	280	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
2	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T10	K40 säänkestävä	kiila	280/260	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
3	2	10-150	8-150			2T10	C30/37	Kiila	250/270	Parvekesaranat, kaato vain etureunassa, kaivo sadex, käyräankkurit nostoa varten, syvennyksen levennys ulosheittoputken kohdassa
4	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	280	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
5	3	12-100	8-150		T8k200	2T12	C35/45	kiila	250/220	Parvekekaivo nesco + palomansetti, tippaura, parvekesaranat ja rst palkit, urat ympäri laatan, nostolenkit muotista nostoa varten, rst putken villa täyttö, RST palkin tartunnat, viisteet kaikkiin kulmiin, SBKL tartunnat KE elementtiä varten, RST vemo pohjassa
6	2	8-150	8-150		T8k200	2T10	C35/40	Kuppi	270	Parvekesaranat, kaato vain etureunassa, kaivo sadex, käyräankkurit nostoa varten, syvennyksen levennys ulosheittoputken kohdassa
7	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	280	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
8	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	280	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
9	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T10	K40 säänkestävä	kuppi	280	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
10	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	270	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
11	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	K40 säänkestävä	kuppi	270	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
13	5	12-150	8-150		T8k150	2T12	C30-37	Kuppi	250	Tippaura det, RST palkin uretaanitäyttö, vesivek kaivon osat, hylsyankkurit muotista nostamista varten, muottipintainen otsa merkattu
14	1	10-150	8-150		T8k200	2T10 + 2T12	C35/45 säänkestävä	kiila	280/260	Parvekesaranat, tippa- ja tulvaura, lisäraudoitus saranoilille
15	2	10-150	8-150			2T10	C35/40	Kiila	250/270	Parvekesaranat, kaato vain etureunassa, kaivo sadex, käyräankkurit nostoa varten, syvennyksen levennys ulosheittoputken kohdassa
12	4	10-150	8-200		T8k150	2T12	K40, pakkasenkestävä, vesitiiveys	Kuppi	270	Saranat, nostoankkureiden lisäraudoitus, vesivek kaivo, Vesiuran det, urat joka puolella, tartunnat myös etureunassa
16	6	10-150	8-150		T8k150	2T10 + 2T12	C35/45	kiila	240/260	saranat

LIITE 15: M-elementtivertailu

M

KOHDE	RAK.SUUN	PAKSUUS	Pieliteräiset	Haat	Verkkot	BETONI SK	Korkeus	HUOM.
1	1	200	2T16			K35 säänkestävä	2900	Vemot ja pultit m16, alle 800mm leveissä lisäraudoitusta
2	1	200	2T16			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16
3	2	200	2T12	T8 K400	6-150	C30/37	3060	S-pistevaraukset
4	1	200	2T10			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16
5	3	200	2T12	T8 tartuntojen ymp.	8-150 mp.	C30-37	3020	neopreenit, vemot ja kierretangot, lipassa RST verkko
6	2	200	2T10	T8 k300		C30/37	3010	S-pistevaraukset
7	1	180	2T12			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16, lippa ulkoreunassa valustopparina
8	1	180	2T12			C30/37 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16
9	1	200	2T10			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16
10	1	200	2T12			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16, lippa ulkoreunassa valustopparina
11	1	200	2T12			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16, lippa ulkoreunassa valustopparina
12	4	180	2T12	T6 tartuntojen ymp.		C30/37 pakkasenkestävä	3280	Vemot pohjassa, käyräankkurit nostoankkureina
13	5	200	2T10			c30/37	3010	vemot pohjassa
14	1	200	2T10			K35 säänkestävä	2985	Vemot ja pultit m16
15	2	200	2T10	T8k300		C30/37	2985	Vemot ja pultit m16, neopreenit
16	6	200	2T10	T8 tartuntojen ymp.		C30/37	2940	Alimmissa pielissä 8-150mp. + haat T8k150 yl ja al.

LIITE 16: CP-elementtivertailu

CP

KOHDE	RAK	RAUDOITUS	BETONI SK	HALKAISIJA	Korkeus	HUOM.
1	1	Haat T6 k180, 6 T12	K40 säänkestävä	280	2985	Neopreeni ja siinä vedenpoistoura, nostoankkuri, pohjassa tappi
2	1	Haat T6 k180, 6 T12	K40 säänkestävä	280	2985	Neopreeni ja siinä vedenpoistoura, nostoankkuri, pohjassa tappi
3	2	Haat al. 3 T8 k50, ylh. 3 T8 k50, läpi T8 k300, 6 T16	C35/45	280	3000	Nostolenkki yl., vemo pohjassa
5	3	Haat al. 3 T8 k50, ylh. 5 T8 k50, läpi T8 k180, 8 T16	C30/37	300	4000	Neopreeni ylhäällä, nostolenkki
7	1	Haat T6 k180, 6 T12	K40 säänkestävä	230	2985	Neopreeni ja siinä vedenpoistoura, nostoankkuri, pohjassa tappi
8	1	Haat T6 k180, 6 T12	K45 säänkestävä	300	2980	Neopreeni ja siinä vedenpoistoura, nostoankkuri, pohjassa tappi
12	4	Haat al. Ja yl. 6T8 k50, muuten T8 k200, 6 T16 C35	K40 pakkasenkestävä	280	3000	Neopreeni ylhäällä, Vemo pohjassa, RRPR 4 nostoosa
13	5	Haat al. T6 k50, kesk. T6 k300, yl. 2 + 2 T8, 6T20	C35/45	280	3020	Neopreeni ylhäällä, Vemo pohjassa, RRPR 4 nostoosa
14	1	Haat T6 k180, 6 T12	C35/45 säänkestävä	280	3015	Neopreeni ja siinä vedenpoistoura, nostoankkuri, pohjassa tappi
15	2	Haat al. Ja yl. 4 T8 k50, muuten T8 k300, 6 T16	C30/37	280	2985	vemo pohjassa, käyräankkuri ylhäällä